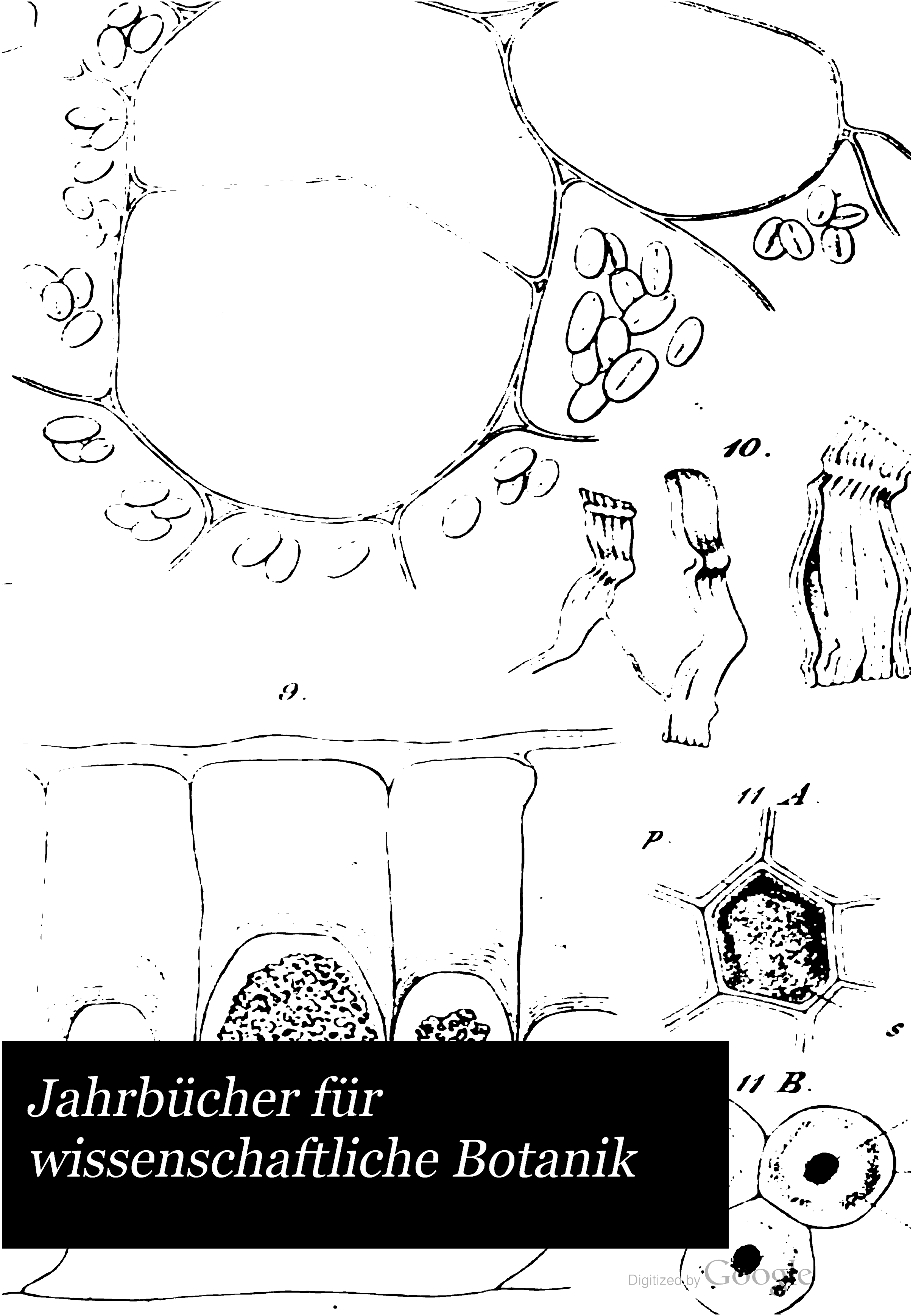

9.
10.
11 A.
p.
s
11 B.
Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

32

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Fünfter Band.

Mit 53 zum Theil colorirten Tafeln.

Leipzig, 1866—1867.

Verlag von Wilh. Engelmann.



Inhalt.

*2





Alphabetisch nach den Namen der Verfasser geordnetes Inhaltsverzeichniss.

Seite

Verzeichniss der Tafeln.

Einige Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes von verschiedener Intensität auf die Ausscheidung der Gase durch Wasserpflanzen.

Von

Dr. Alexander von Wolkoff.

Abtheilung I.

Die im Jahre 1864 in der „botanischen Zeitung" Nr. 47 von Prof. Julius Sachs erschienene Arbeit über die Wirkungen des farbigen Lichtes auf Pflanzen, gab mir Veranlassung, eine Reihe neuer Untersuchungen über die Wirkungen des Lichtes von verschiedener Intensität auf dieselben anzustellen.

Die Methode nämlich, die er angewandt hatte, um die Ausscheidung der Gase aus Pflanzen quantitativ bestimmen zu können, und welche auf einer Messung derselben durch die Zahl der Blasen, die aus den in kohlensaurem Wasser untergetauchten Wasserpflanzen in einer gegebenen Zeiteinheit ausströmen, beruht, schien mir ganz zweckmässig zu sein, um auch die Frage zu lösen, in welchem Verhältnisse die Ausscheidung der Gase zu der Intensität des Lichtes überhaupt steht.

Bevor ich aber diese Arbeit unternahm, glaubte ich, die Methode selbst einer genaueren Prüfung unterwerfen zu müssen, und zwar erstens wegen der Neuheit der Methode selbst, zweitens, um mit derselben vollkommen vertraut zu werden. Ich wiederholte also die Versuche von Prof. Sachs mit dem Ceratophyllum demersum und ausserdem untersuchte ich noch auf gleichem Wege das Potamogeton natans und den Ranunculus fluitans.

Die mit einem scharfen Messer abgeschnittenen Stengel dieser Pflanzen, in kohlensaures Wasser untergetaucht, entwickeln oft aus der Schnittfläche des Stengels kleine Bläschen, selbst wenn dieselben in einen vollkommen dunklen Ort gebracht werden. Diese Ausscheidung jedoch hört in demselben nach einigen Minuten auf. Sie ist hauptsächlich dadurch bedingt, dass das Gas, welches sich in den Lufträumen der Pflanze befindet, bei der Einführung derselben in eine wärmere Flüssigkeit ausgedehnt, sich in Bläschen ausscheidet, was freilich bei kleineren Pflanzentheilen ziemlich schnell aufhören muss, da die Menge des in ihnen enthaltenen Gases überhaupt nur eine geringe sein kann. Darauf folgt nun ein Stillstand in der Gasentwickelung. Wenn man aber die Pflanzen in das direkte Sonnen- oder intensive Himmelslicht bringt, so findet fast augenblicklich Gasausscheidung statt. Es entwickeln sich aus den Schnittflächen der Stengel kleinere oder grössere Gasbläschen, deren Grösse bei dem Lichte verschiedener Farben und Intensität die nämliche bleibt, deren Zahl aber in einer gegebenen Zeiteinheit wesentlich durch die Art des Lichtes bedingt ist. Die Bläschen scheiden sich von der Schnittfläche nur dann ab, wenn ihr Volumen ein gewisses Maximum erreicht, so dass man schon a priori schliessen kann, die Gasbläschen seien von gleicher Grösse, natürlich nur, wenn die Temperatur des Wassers dieselbe ist, und wenn das Wasser mit Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff gesättigt bleibt. Ausserdem habe ich mich davon überzeugt mittelst einer einfachen Messung der Volumina der in verschiedenen Zeiten abgeschiedenen Gasbläschen, wobei ich freilich eine gewisse Anzahl derselben als Einheit betrachtete.

Was die Zusammensetzung der auf diese Weise ausgeschiedenen Gase anbelangt, werden wir vorläufig nur erwähnen, dass es aus Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure bestehen kann, dass die quantitativen Verhältnisse derselben Gase sehr verschieden sein können, und dass je länger aus einer Pflanze sich Gas ausgeschieden hat, desto grösser ist der Sauerstoffgehalt des sich nun ausscheidenden Gases. Diese Thatsachen sind schon seit lange allgemein anerkannt und festgestellt. Man wählt sich selbstverständlich zu allen derartigen Versuchen solche Pflanzen oder Pflanzentheile, die unter dem Wasser leben, also wie Ceratophyllum demersum, Ranunculus fluitans u. s. w., die also keine stomata besitzen. Ferner hat es sich als sehr zweckmässig erwiesen, mit solchen Pflanzen zu arbeiten, deren Blätter nicht untergetaucht, sondern auf der Wasseroberfläche leben, und

Spaltöffnungen besitzen. Wenn man diese Blätter mit ihrem querabgeschnittenen Stiele unter Wasser taucht, so treten die Gasblasen allein aus dem Stiele, indem die benetzten Spaltöffnungen sich verschliessen. Schon Dutrochet[1]) hat dies bei Nymphaea-Blättern gefunden. Blätter von Potamogeton natans, vollkommen im Wasser untergetaucht, haben mir dasselbe Verhalten gezeigt und wurden deshalb zu meinen Untersuchungen gebraucht. In untergetauchten Pflanzen, die keine Spaltöffnungen besitzen, entweicht das im Lichte abgeschiedene und im Inneren der Pflanze angesammelte Gas durch Diffusion. Dies ist aber auch hier nicht immer der Fall. Bei Pflanzen, die grössere Lufträume besitzen und an hellbeleuchteten Orten gewachsen sind, ist die Spannung der sich beim starken Lichte fortwährend im Inneren anhäufenden Gase so gross, dass sich in einer oder mehreren Stellen Einstiche in der Pflanze bilden, durch welche dann die Gase sich oft stürmisch ausscheiden. Ich habe Gelegenheit gehabt dieselbe Erscheinung sehr deutlich zu sehen bei einer Menge von Ceratophyllum demersum, das ausserordentlich üppig in dem Genfer See bei dem Pont du Mont Blanc wächst; die nur einige Fuss grosse Tiefe und vollkommene Klarheit des Wassers ermöglicht einen Zutritt der Sonnenstrahlen an die Pflanzen, wie man ihn kaum irgendwo anders vorfinden kann. Im Sommer von 11—3 Uhr steigen über diesen Stellen Gasblasen auf, die oft von der Grösse einer Linse sind, und sich fortwährend neu bildend wie eine Perlenschnur aussehen, welche von irgend einer Stelle des Stengels bis zur Oberfläche des Wassers aufsteigt. Ausserdem geben auch die Blüthen, deren Axillen mit der Reife undicht werden, Spalten für den Austritt der im Innern der Pflanze sich anhäufenden Gase, was zuerst von Knop bei Myriophyllum beobachtet wurde. — Für unsere Versuche wurden kleinere Stengel oder nur einzelne Blätter gewählt und besonders solche vorgezogen, die ausschliesslich nur aus der Schnittfläche des Stieles Gasbläschen ausscheideten, und bei welchen der Durchmesser des sich bildenden Bläschens grösser war als derjenige des Stieles, was in einigen Fällen für die Genauigkeit der Resultate von Wichtigkeit erscheint. Wenn nämlich der Querschnitt des Stieles gross ist (wie dies bei Potamog. nat. oft vorkommen kann), so bildet sich auf dem Querschnitt nicht eine Blase, sondern es bilden sich darüber mehrere, die sich eher von dem Stiele ablösen und aufsteigen als in eine zusammenfliessen, da sie bei der Grösse der Ober-

1) Memoires I. 341.

fläche ein beträchtlicheres Volumen einnehmen können, und dabei doch ziemlich von einander entfernt bleiben. Es wurden also in allen diesen Versuchen solche Exemplare vorgezogen, deren Stiele oder Stengel möglichst dünn waren.

In der Dunkelheit oder bei sehr schwachem Lichte kann die Pflanze mehrere Tage im Wasser bleiben, ohne irgend eine durch Blasenausscheidung wahrnehmbare Gasentwickelung zu äussern. Selbst in einem hellen Zimmer hinter der Wand zwischen zwei Fenster gestellt, hört meistentheils jede Gasausscheidung auf, wenngleich direkte Sonnenstrahlen durch beide Fenster das Zimmer stark beleuchten.

Diese Thatsache ist sehr leicht verständlich, wenn man, wie wir später beweisen werden, annimmt, dass die Ausscheidung proportional der Lichtintensität ist. Wenn also z. B. ein Blatt von Potamogeton natans, oder ein ganzer Stengel von Ceratophyllum demersum, wie es zu unsern Versuchen passte, also ungefähr 2 decimetres lang, oder sonst irgend eine Wasserpflanze bei vollem Sonnenschein und Beleuchtung durch das ganze Himmelsgewölbe eine bis zwei Gasblasen in einer Sekunde ausscheidet[1]), was nur in Julitagen bei 25—30° Reaum. und zwischen 11—1 Uhr bei heiterem Himmel geschieht, so müssten solche Pflanzen, an den betreffenden Ort gestellt, wo die Lichtintensität kaum einem Hundertel und viel eher einem Tausendtel des im Freien wirkenden gleich ist, nur in einigen Minuten ein Bläschen ausscheiden. Die Spannung des Gases aber, die bei solchen Umständen in den Lufträumen der Pflanze sich bildet, ist selbstverständlich sehr gering, und es folgt daraus entweder, dass das Gas höchst unmerklich, und deswegen auch nicht regelmässig in einzelnen Bläschen sich ausscheidet, oder die Ausscheidung vollkommen aufhört, indem sich die Luftgänge mit Wasser verstopfen. Bei dem schwachen, aber fortwährend dauernden Drucke haben die Gase nicht Kraft genug, um die Verstopfung zu brechen, treten daher durch Diffusion sehr langsam nach aussen und bedecken die Blätter mit einer Menge kleiner Bläschen.

Es war also möglich vorauszusehen, dass bei allen derartigen Versuchen, wo das Verhältniss der Gasausscheidung zur Lichtintensität zu untersuchen war, die angewandten verschiedenen Intensitäten nicht unter einem gewissen Minimum sein durften, welches Minimum aber doch eine bedeutende Lichtmenge in Anspruch nehmen musste.

---

1) Nicht grösser als der Kopf einer gewöhnlichen Stecknadel.

Um mich davon zu überzeugen, wie lange die Zahl der abgeschiedenen Blasen bei gleichen Bedingungen die nämliche sein kann, habe ich bei heiterem Wetter und vollkommen freiem Himmel um 12 Uhr Mittags in kohlensauerem [1]) Brunnenwasser untergetauchte Stengel von drei verschiedenen Pflanzen den Sonnenstrahlen ausgesetzt. Die Zahlen der Blasen in einer Minute nach den unten angegebenen Zeitintervallen abgelesen, waren folgende:

Zeiten		Zahl der Bläschen in einer Minute			Temperatur des Wassers
h.	m.	Ceratoph. demersum	Potamog. nat.	Ranunc. fluitans	
12	—	40	12	56	35 ° C.
12	3	40	12	56	35 „
12	5	40	12	55	35 „
12	7	36	13	56	35 „
12	17	38	12	54	35 „
12	30	40	21	56	35 „

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Beständigkeit der Ausscheidung von Gasblasen, ceteris paribus, eine vollkommen constante blieb für einen Zeitintervall von mehr als einer halben Stunde, ohne dass man auch eine Abnahme der Constanz bemerken konnte.

Es sei hier nur noch eine Thatsache kurz bemerkt, von der ich an anderem Orte ausführlicher sprechen werde. Wenn man nämlich berechtigt ist, die Intensitäten der leuchtenden Strahlen für eine kurze Zeit, also z. B. eine halbe Stunde, bei vollkommen wolkenfreiem Himmel und bei einem hohen Stande der Sonne, als unveränderlich oder als wenig veränderlich zu betrachten, so ist es keineswegs derselbe Fall für die chemischen Strahlen der Sonne, deren Intensitäten sogar bei dem klarsten Himmel einer sehr auffallenden Schwankung unterworfen sind. Schon Roscoe (s. Poggendorf's Annalen der Physik und Chemie Bd. CXXIV) deutet darauf, indem er S. 377 sagt: „Die unregelmässigen Veränderungen in der chemischen Wirkung, die an Tagen beobachtet wurden, wo die Sonne ununterbrochen schien, sind hauptsächlich der Veränderung in der Menge von Wolken zuzuschreiben, welche während der Beobachtung sich am Himmel zeigten. In einigen Fällen jedoch trat eine beträchtliche und plötzliche Veränderung ein, ohne dass das Auge einen Unterschied in der Licht-

1) Hier, wie in allen Versuchen, war die Kohlensäure beständig langsam eingeleitet.

menge bemerken konnte, wie am 26. September 1864, wo der ganze Himmel den Tag über unbewölkt erschien; um 9 Uhr 25 Minuten war die chemische Intensität 0,13 und um 10 Uhr, wo die Sonne augenscheinlich gleich hell schien, sank die Intensität auf 0,07 und blieb während einer halben Stunde so niedrig und stieg erst um 11 Uhr wieder auf 0,11; dass diese Abnahme in der chemischen Wirkung wohl von suspendirten Wassertheilchen, oder dem Auge unbemerklichem Nebel herrührt, erscheint wahrscheinlich aus der mächtig absorbirenden Wirkung, den ein leichter Nebel auf die chemischen Strahlen ausübt."

„Am 18. März 1864 um 8 Uhr Vormittags bedeckte ein leichter Nebelschleier die Sonne, die Intensität war nur 0,0026 oder 25 mal geringer als sie es bei normaler Wirkung eines heitern Himmels für Tag und Zeit sein sollte. Es wird kaum nöthig sein, einzufügen, dass bei dieser Gelegenheit, die dem Auge sichtbare Lichtverminderung nur klein und in gar keinem Verhältnisse zu der Abnahme der chemischen Intensität stand."

Dasselbe fand ich in meinen Arbeiten auf dem Königstuhle (1752 F. über dem Meere) bei Heidelberg, deren Ausführung ich dem Herrn Geheimen Rath Bunsen zu verdanken habe, welcher die Güte hatte, den von Prof. Roscoe ihm zugeschickten Apparat zu meiner Verfügung zu stellen. Dieselbe Erscheinung kann man sehr deutlich ersehen aus den hier beigefügten Curven, welche die chemischen Intensitäten für den 3. u. 4. Juli und für den 4. Oktober 1865 graphisch darstellen. Und zwar stellte die mit Nr. I bezeichnete Curve das Sonnen- und Himmelslicht, die mit II das Himmelslicht, die mit III das Sonnenlicht vor. Diese Curven sind entnommen aus einer grösseren Zahl derselben, die ich für Juni, Juli und Oktober des Jahres 1865 aufgefunden habe. Die chemischen Intensitäten des Lichtes wurden auf folgende Weise gemessen. In einem Zeitabstand von je 10—20 Minuten, wurden zu zwei Messungen gemacht, die eine bei verdeckter Sonnenscheibe, die andere aber ohne Verdeckung derselben. — Zu diesem Zwecke bediente ich mich eines, auf einer langen und dünnen Stange angebrachten, ein Fuss im Durchmesser grossen Pappdeckels, der bei jedem Versuche ohngefähr 10 Fuss von dem Apparate entfernt war, ihn dabei aber vollkommen beschattete. Auf diese Weise bekam ich die chemische Lichtintensität der direkten Sonnenstrahlen + Himmel, und die des Himmels allein. Durch Subtraction der zweiten von den ersten erhält man die chemische Lichtintensität der direkten Sonnenstrahlen allein. Die Re-

sultate, die man auf diese Weise bekömmt, werden zum leichteren Ueberblick graphisch dargestellt, wobei man die Tagesstunden als Abscissen und die entsprechende Intensität als Ordinaten betrachtet.

Man sieht daraus, wie stark die Schwankungen der chemischen Strahlen sein können und wie schnell ihre Intensitäten wechseln, — obgleich der Himmel vollkommen wolken- und nebelfrei erscheint.

Es schien mir also von Interesse zu sein, zu untersuchen, ob die Ausscheidung der Bläschen in irgend einem Zusammenhange mit den Aenderungen der chemischen Intensitäten des Lichtes steht. Zu diesem Zweck wiederholte ich den vorigen Versuch noch mehrmals bei vollkommen reinem Himmel, maass aber dabei jedesmal die chemischen Intensitäten, und erhielt auf diese Weise eine grosse Anzahl Tabellen, von denen ich hier nur einige mittheilen will. Es ist freilich auch oft vorgekommen, dass die chemischen Intensitäten während einer halben Stunde gar nicht oder nur unmerklich schwankten. Bei weitem häufiger war aber der entgegengesetzte Fall, was jedoch die Regelmässigkeit der Ausscheidung durchaus nicht störte.

I. Versuchsreihe.

Zeit		Chemische Intensität	Zahl der Blasen in einer Minute.			Temperatur
h.	m.		Cerat. dem.	Ranunc. fluitans	Potamog. natans	
11	30	0,40	36	26	14	27 ° C.
11	50	0,26	35	27	15	27 „
12	—	0,27	34	25	14	27 „
12	10	0,44	33	25	15	27 „
12	20	0,55	36	26	15	27 „
12	30	0,60	35	26	14	27 „

II. Versuchsreihe.

12	—	0,51	45	29	18	
12	5	0,52	44	30	18	
12	10	0,51	44	30	18	
12	15	0,51	45	29	17	
12	20	0,51	44	29	18	

III. Versuchsreihe.

11	15	0,60	29	20	20	
11	20	0,54	29	20	20	
11	25	0,45	30	21	20	
11	30	0,27	29	22	21	
11	40	0,25	31	21	19	

Wir sehen in dem Versuche Nr. I, dass die chemische Intensität von 0,40 auf 0,26 herunterfällt; sie wird später zu 0,60. — Die Zahlen der Gasblasen bleiben aber überall wenig oder gar nicht verändert. Dasselbe finden wir im Versuche Nr. III, wo die chemischen Intensitäten fortwährend abnehmen, die Gasausscheidung jedoch die nämliche bleibt.

Aus diesen und aus vielen andern auf dieselbe Weise angestellten Versuchen ist man berechtigt zu schliessen, dass die starken Schwankungen in den Intensitäten der chemischen Strahlen keinen merklichen Einfluss auf die Ausscheidung der Gase aus den genannten Pflanzen ausüben — ein Satz, der seine Bestätigung in der, von den meisten Forschern anerkannten und durch andere Methoden gefundenen Thatsache findet, dass die Zersetzung der Kohlensäure durch grüne Theile der Pflanzen nicht sowohl durch die sogenannten chemischen als durch die leuchtenden Strahlen des Spectrums bedingt ist. — Man könnte mir freilich erwidern, dass in diesem Falle die Ausscheidung der Gase zu einem Maximum der Schnelligkeit schon durch geringere chemische Lichtintensität gekommen sei, so dass die nun auftretenden Schwankungen der chemischen Strahlen keinen Einfluss, wenn auch dieselben durch chemische Strahlen bedingt wäre, auf die Ausscheidung ausüben könnten. Indessen brauchte man den Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf die Pflanzen auffielen, nur um ein Geringes zu verändern, indem man den sie enthaltenden Apparat verschob, um schon eine sehr merkliche Ab- und Zunahme der Schnelligkeit in der Ausscheidung zu bemerken.

Diese Thatsache ist bis jetzt noch nicht genügend hervorgehoben, obgleich sie, wie gesagt, fast von allen Forschern, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben, hinlänglich festgestellt ist, und zwar schon seit einigen Jahrzehnten, von Draper[1]), Daubeny[2]), Gardner[3]), Cloëz und Gratiolet[4]) Rob. Hunt[5]), Knop[6]) u. A.

Draper zeigte das Verhältniss der Gasausscheidung bei Pflanzen zu den verschiedenen Strahlen des Sonnenlichts. Er bestimmte für Roth 0,0; für Roth und Orange 24,75; für Gelb und Grün 43,47;

1) A treatise in the forces which produce the organisation of plants. Appendix 177.

2) Philosophical Transactions vol. CXXVII. 1836.

3) Froriep's Notizen 1844. 13 d. 30. Nr. 11.

4) Annales de Chem. et de Physic 3 sér. T. XXXII. 1851.

5) Schon im J. 1847.

6) Bestätigt dies auch in seiner Schrift über das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gase 1853.

Grün und Blau 4,10; Blau 1,0; Indigo 0,0. Daubeny und Gardner's Arbeiten bestätigten die Thatsache, dass die Gasausscheidung nicht den chemischen Strahlen proportional gehe, d. h. in keiner Proportionalität mit der Einwirkung des Lichtes auf Chlorsilber steht.

Im Jahre 1850 fanden Cloëz und Gratiolet, dass die Zersetzung der Kohlensäure im gelben Lichte (wo also am wenigsten chemische Strahlen vorhanden waren) am stärksten war, darauf folgte das Milchglas, das rothe, das grüne und endlich das blaue, wo fast alle chemische Strahlen durchgehen. Später kam noch die Arbeit von Guillemain[1]) hinzu, die die früheren Arbeiten von Gartner vollkommen bestätigte, und hauptsächlich die Thatsache feststellte, dass das Ergrünen oder die Chlorophyllbildung am stärksten im gelben Strahle und abnehmend je mehr man sich von diesem entfernt stattfindet. — Endlich wurde dieselbe bestätigt auch durch die schöne Arbeit von Julius Sachs, die ihn zu folgender Behauptung geführt hatte: „Das gemischte orange Licht, dessen Einfluss auf photographisches Papier während der Beobachtungszeit unmerklich war, leistete bei der Gasabscheidung eben so viel wie das weisse Licht; während dagegen das blaue, trotz der energischen Bräunung des photographischen Papiers, nur unbedeutend auf die Pflanze einwirkte."

Dies Alles half nicht, um in den Augen des Herrn Schumacher die chemischen Strahlen etwas zu erniedrigen und die leuchtenden bemerken zu lassen. Er geht in seinem Werke „die Ernährung der Pflanze 1864" so weit, dass er sogar den Herrn Cloëz und Gratiolet seine eigene Meinung aufbürden will, die aber mit der von ihnen ausgesprochenen nur das gemein hat, dass sie gerade das Gegentheil davon ausspricht, Er sagt nämlich S. 449:

> „Die assimilirende Kraft des Lichtes beruht vorzüglich auf den chemischen Strahlen desselben. Nach Gratiolet und Cloëz ist die Sauerstoffentwicklung grüner Pflanzentheile am schwächsten im gelben und rothen Lichte, am lebhaftesten in blauem und violettem (!!). Ueberhaupt ist die assimilirende Thätigkeit eine durch die chemische Strahlen des Lichtes eingeleitete Zersetzung anorganischer Stoffe." —

Ich stellte darauf einige Versuche mit drei verschieden gefärbten Gläsern an, deren Durchdringlichkeit für chemische Strahlen ich früher vermittelst des Roscoe'schen Apparats gemessen hatte. Den

---

1) Production de la Chlorophylle etc. Annales des sciences nat. 1857. VII.

Apparat selbst hier zu beschreiben, halte ich für nicht zweckmässig, erstens darum, weil er von Roscoe selbst in den Annalen der Physik und Chemie Bd. CXXIV ausführlich beschrieben ist, und zweitens, weil eine bloss kurze Beschreibung desselben ohne die entsprechenden Zeichnungen meiner Meinung nach doch nicht deutlich genug sein kann, um den Apparat vollkommen begreiflich und anschaulich zu machen. Es sei hier nur bemerkt, dass vermittelst des Roscoe'schen Apparats und zweckmässigen Gebrauchs des nach Bunsen und ihm ermittelten photographischen (Chlorsilber-) Papiers, man an einem jeden beliebigen Orte und zu jeder Zeit die chemischen Lichtintensitäten in einer gegebenen Maasseinheit ausdrücken kann.

Das zum Versuche gewählte Ceratophyllum demersum wurde nicht wie bei Sachs in ein cylindrisches Gefäss, sondern in einen mit parallelen Glaswänden versehenen Kasten aus Blech eingesetzt (Fig. 1. Taf. III). In einer Ecke des Apparates befand sich das Thermometer, in der andern die Röhre, welche Kohlensäure fortwährend dem Wasser zuleitete. Bei jedem Versuche wurde die hintere und die obere Seite des Apparates mit geschwärzter Pappe verdeckt und bloss ein schmaler Spalt offen gelassen, um die Blasen zählen zu können. — Es wurden darauf die verschieden gefärbten Gläser, deren Fähigkeit, chemische Strahlen durchzulassen, vorher genau bestimmt worden war, abwechselnd und wiederholt vor die Glaswand ab aufgestellt und nach Ablauf je einer Minute, die Ablesungen gemacht. Auf diese Weise erhielt ich folgende Resultate:

Gläser.

Relative Menge chem. Strahlen	Weiss 1,0000	Roth 0,0001	Blau 0,8500	Temperatur
um 11 Uhr — M.	80 Bl. in 1 M.	50 Bl. in 1 M.	21 Bl. in 1 M.	31 ° C.
„ 11 „ 5 „	82 „	53 „	21 „	
„ 11 „ 10 „	78 „	52 „	21 „	
20 Minuten darauf				
um 12 Uhr 30 M.	80 „	55 „	20 „	31,5 ° C.
„ 11 „ 35 „	76 „	50 „	21 „	

Wenn ich zwar aus diesen Versuchen gar keine Endschlüsse über die Wirkung der farbigen Strahlen auf die Gasausscheidung zu ziehen gesonnen bin, was ja schon bei Sachs viel ausführlicher und genauer untersucht worden ist, so lege ich ihnen doch in soferne einen Werth bei, als sie recht deutlich zeigen, wie wenig die verschiede-

nen Intensitäten der chemischen Strahlen eine Wirkung auf die Ausscheidung der Gase ausüben, und dies um so mehr, da wir ja bis jetzt keine genaue Methode besassen, um diese chemischen Intensitäten auf eine so zuverlässige Weise zu messen, wie dies mit dem Roscoe'schen Apparat geschehen kann.

Jede Ablesung, wie ich schon früher bemerkte, wurde erst gemacht, nachdem die Pflanze eine Minute lang der Einwirkung des vorgesetzten Mediums bereits ausgesetzt worden. Dies war auch die von Sachs angegebene Zeit, und ich habe sie als richtig gewählt gefunden, zumal dann, wenn die Gasentwickelung eine ziemlich rasche war, nämlich ungefähr, wenn die Gasblasen bis 15 und mehr in der Minute aus der Pflanze ausströmten; wenn aber die Abscheidung langsamer erfolgte, so war eine Minute Zeitintervall nicht genügend, um die Ausscheidung vollkommen gleichmässig hervorzurufen und man ward oft 2—3 Minuten zu warten genöthigt.

Aus diesen Versuchen sind auch wir berechtigt zu schliessen, dass die Intensität der Gasausscheidung aus den genannten Pflanzen in keinem nachweisbaren Verhältniss zu den Intensitäten der chemischen Strahlen des Spectrums allein steht.

Es sei hier noch beiläufig bemerkt, dass das Ergrünen, also die Zersetzung der Kohlensäure, sogar in Natriumflamme stattfindet. Ich stellte einen Topf mit etiolirtem, eine Woche altem Lepidium sativum vor eine entfärbte Gasflamme in einer Entfernung von etwa 8" und setzte in die Flamme eine Perle von kohlensaurem Natron auf einem Platindrahte hinein. Sobald eine Perle sich verflüchtigt hatte, wurde sie sogleich durch eine andere ersetzt, was übrigens nicht rascher als ohngefähr nach Verlauf je einer Stunde geschehen konnte. Die auf diese Weise erhaltene blassgelbe Flamme verhält sich in photochemischer Beziehung so indifferent, dass man die durch eine grosse Sammellinse concentrirten Strahlen, Stunden lang auf sensibles Papier (Chlorsilber) ohne Nachtheil wirken lassen kann[1]). Die Kresse färbte sich in diesem Lichte ohne irgend eine Concentration desselben durch Sammellinsen binnen 7—8 Stunden in ein schönes Grün an allen Stellen, wo das Licht die Blätter traf, die beschatteten Stellen jedoch blieben unverändert. Es darf also nicht merkwürdig erscheinen, dass die Kresse bei P. de Candolle[2]) bei dem Lichte

1) Photochemische Untersuchungen von Bunsen und Roscoe. Annalen der Physik und Chemie Bd. CXVII S. 535.

2) Mem. prés. à l'institut des sc. par divers savans: Math. et phys. 1806. T. 1. p. 332.

von 6 Argandischen Lampen ergrünte, und dass Roggenblätter sich bei Hervé Mangon[1]) in dem Lichte eines mächtigen elektrischen Leuchtapparates intensiv grün färbten. — Im Dezember bei einem vollkommen heiteren Himmel, brauchte ein Topf mit Kresse vors Fenster gestellt, und bei direkter Beleuchtung durch Sonnenstrahlen ungefähr dieselbe Zeit zum Ergrünen, wie in dem Natriumlichte. — Die Temperatur war in beiden Fällen 15—16° R. Wenn man berechnen wollte, wie die chemischen Lichtintensitäten, welche in den beiden Fällen gewirkt haben, sich zu einander verhielten, so würde man dieselben für das Natriumlicht kaum in den milliontelsten Theilen derjenigen, die dem Tageslicht zukommt, ausdrücken können. Wenn wir also nicht berechtigt sind, durch diese Versuche den Schluss zu ziehen, dass die Bildung des Chlorophylls von Strahlen chemischer Natur gar nicht abhängig ist — denn es muss zugestanden werden, dass wir überhaupt nicht im Stande sind die leuchtende Kraft von der chemischen vollkommen zu befreien (sogar in dem Natriumlichte sind blaue und andere Strahlen vorhanden) — so können wir doch nicht an der Richtigkeit der oben angeführten Thatsache zweifeln, dass also die Chlorophyllbildung in keinem nachweisbaren Verhältniss zu den Intensitäten des chemischen Lichtes steht.

Abtheilung II.

Nachdem ich mittelst solcher Voruntersuchungen mich vollkommen mit der Methode vertraut gemacht und die von Sachs begründeten Thatsachen bestätigt gefunden hatte, unternahm ich die Lösung der Frage: In welchem Verhältniss die Ausscheidung der Gase durch die genannten Pflanzen zur Intensität des auf sie einwirkenden gesammten Lichtes stehe?

Zu diesem Zwecke habe ich einen einfachen Apparat construirt, der mir die Möglichkeit gab, die zur Untersuchung gewählten Pflanzentheile mit Leichtigkeit an solche Stellen zu bringen, wo die Intensitäten des Lichtes verschieden und bekannt waren. Diese Vorrichtung besteht aus einem Schlittenapparat BF (Taf. III. Fig. 2), auf dem sich zwei zu ihm senkrecht gestellte Holzrahmen befinden, von denen der eine A am Ende des Schlittens fest angeschraubt, der andere C aber auf demselben verschiebbar ist. Die beiden Rahmen sind durch papierne, gefaltene blasebalg- oder harmonikaähnliche dehnbare Wände mit

1) Comptes rendus 1861. p. 243.

einander verbunden, bilden also einen viereckigen Kasten und können auf diese Weise nach Belieben einander genähert oder von einander entfernt werden, ohne dadurch ihren gegenseitigen Parallelismus zu verlieren. An dem unbeweglichen Rahmen AB ist eine Zinkplatte mit einem eingesetzten, mattgeschliffenen, runden Glase (mn) angebracht. Das Licht, welches durch das Glas mn auf Wand CD fällt, wird noch dadurch verstärkt, dass man einen grösseren Spiegel auf den in der verticalen Ebene einstellbaren Rahmen PQ auflegt. Da aber der ganze Apparat in der horizontalen Ebene leicht beweglich ist, so kann man zu jeder Zeit ein Maximum der Beleuchtung auf der Fläche CD erhalten. In dieser hintern Wand (CD) ist ein Einschnitt angebracht, in den man den schon oben erwähnten Apparat (Fig. 1. Taf. III) mit dem Thermometer und mit der die Kohlensäure zuführenden Röhre einstellt, wie es aus Fig. 3 zu ersehen ist. Der Durchmesser des Mattglases muss im Verhältniss zu der Länge des zu untersuchenden Pflanzentheils genügend gross sein, damit die Lichtintensität in allen Theilen, bei jeder Entfernung der beiden Rahmen von einander, fast genau dieselbe bleibt, was vorher experimental bestimmt und gemessen werden muss.

Der Schlitten ist mit einem graduirten Papierstreifen versehen, so dass der bewegliche Rahmen wiederholt auf eine beliebige Entfernung vom Glase aufgestellt werden kann. Auf diese Weise kann man die verschiedensten Intensitäten erhalten, und wenn man bei vollkommen heiterem Himmel arbeitet und die Dauer einer jeden Versuchsreihe nicht länger als 15—30 Minuten währen lässt, so kann man leicht entweder die den verschiedenen Entfernungen entsprechenden relativen Intensitäten berechnen, indem man die Sätze zu Hülfe nimmt, dass die Intensitäten proportionell dem Sinus des Winkels und umgekehrt proportionell den Gradiaten der Entfernung sind, oder dieselben mit dem Roscoe'schen photographischen Papiere messen. Das letztgenannte ist jedenfalls viel einfacher, leichter und zuverlässiger. Die mattgeschliffenen Gläser, sie mögen noch so genau und sorgfältig bearbeitet sein, sind nie in allen Punkten ihrer Oberfläche gleich hell und zerstreuen das durch sie hindurchgehende Licht immerhin ziemlich unregelmässig, so dass in diesem Falle bei weitem zuverlässiger, und ich möchte sagen einzig zuverlässig ist, die Intensitäten jedesmal experimental zu prüfen. Ausserdem braucht man dabei nicht so viel Sorge zu tragen, was die Genauigkeit des Schlittenapparats selbst betrifft, welche im anderen Falle, wenn man aus den Entfernungen die Intensitäten berechnen wollte, unbedingt

nothwendig wäre, und dies um so mehr, da ja eine Verrückung der Wand CD um einige Zoll genügend ist, um schon die Intensität des sie treffenden Lichtes sehr beträchtlich zu vergrössern oder zu schwächen.

Die Versuche wurden folgendermaassen angestellt: Die Fläche mn wurde als gleich intensiv leuchtend betrachtet, was man für 15—30 Minuten und bei vollkommen wolkenfreiem Himmel anzunehmen berechtigt ist. Nachdem der ganze Apparat für die Beleuchtung zweckmässig aufgestellt und die ausgesuchten Pflanzen hineingelegt waren, wurden die Blasen gezählt und dabei dicht hinter der äusseren Glaswand des Apparates Fig. 1 die chemischen Strahlen vermittelst des Roscoe'schen photographischen Papiers gemessen. Die Stellung, wo man die Messung machte, war der Pflanze so nahe wie möglich gewählt, jedoch so, dass dieselbe durchaus keine Störung in dem Zutritt der Strahlen von der ganzen Scheibe mn zum betreffenden Ort hervorbringen konnte. Zum Beispiel ist der Punkt o auf der Fig. 3 angegeben. Der bewegliche Rahmen wurde auf diese Weise fortwährend hin- und hergerückt, und in jeder neuen Entfernung die Zahl der Blasen in einer Minute bestimmt und eine Messung der chemischen Strahlen hinter der äusseren Glasscheibe gemacht. Keine Versuchsreihe dauerte länger als 15 Minuten. In allen diesen Fällen stellen uns die relativen Intensitäten der chemischen Strahlen die relative Intensität aller Strahlen überhaupt vor, unter der Voraussetzung jedoch, dass die 15 Minuten lang auf dieselbe Scheibe mn eingewirkt habenden chemischen Strahlen ebenso unverändert blieben, wie die leuchtenden. Letzteres ist aber nicht immer der Fall, darum wurde der Controle wegen, das chemische Licht noch ausserdem im Freien gemessen. Wir führen hier anfangs nur diejenigen Versuche vor, bei welchen die letztgenannte Bedingung erfüllt worden war. Während den einzelnen Versuchen wurde die Temperatur des Wassers gleich erhalten, indem man es vorher längere Zeit in dem Apparate verweilen liess. Die ganze bewegliche Seite CD wurde bei der Untersuchung selbst mit einem schwarzen Tuche bedeckt, um jedes andere Licht abzuhalten. Auf diese Weise erhielt ich folgende Resultate:

I. Versuchsreihe

Ceratophyllum demersum.

Zeiten		Gemessene Lichtintensität	Zahl der Bläschen in der Minute
h.	m.		
12	—	8	16
12	2	12	25
12	4	20	41
12	6	8	15,5
12	8	12,5	25
12	10	21	42

Ich wiederholte auf diese Weise alle drei Ablesungen mehrmals und nahm das Mittel davon. Alle mit dem Ceratophyllum gemachten Versuche kann man in folgender Tabelle resumiren, wobei jede Reihe von Ablesungen den Mittelwerth aus wenigstens zwei Beobachtungen darstellt.

Die erste Columne zeigt die Intensität des Lichtes, die zweite die Zahl der Bläschen; die dritte enthält die berechneten Quotienten. Zu jedem neuen Versuche wurde ein anderes Exemplar der Pflanze genommen. Temperatur und Zeit sind nicht angegeben, weil bei jeder einzelnen Versuchsreihe die Temperaturen nicht merklich von einander differirten und die Zeiten bei der Arbeit keinen Werth haben. In jedem Falle wurden sie alle zwischen 11 und 12 Uhr angestellt, also dann, wenn die Sonne am stärksten wirkt.

Ceratophyllum demersum.

Versuchsreihe	Gemessene Lichtintensität	Zahl der Blasen in einer Minute	Quotienten
I	80	16	5,0
	120	25	4,8
	200	41	4,8
II	60	20	3,0
	160	50	3,2
	70	22	3,2
	150	50	3,0
III	100	62	1,6
	60	46	1,3
	30	19	1,6
	70	50	1,4

Die äussern chemischen Intensitäten schwankten bei jeder einzelnen Versuchsreihe nicht merklich.

Versuchsreihe	Gemessene Lichtintensität	Zahl der Blasen in einer Minute	Quotienten
IV	110	50	2,2
	80	40	2,0
	60	25	2,4
V	123	50	2,4
	67	22,5	2,3
VI	100	25	4,0
	200	50	4,0
	150	36	4,1
	120	30	4,0

Schon bei dem ersten Blick auf diese Tabellen fällt uns die Proportionalität zwischen den Intensitäten und der Zahl der Bläschen ins Auge. Wenn auch einige Quotienten nicht vollkommen mit einander übereinstimmend sind, so glaube ich doch vollständig berechtigt zu sein die Schlussfolgerung aus diesen Zahlen ziehen zu dürfen, dass die Ausscheidung der Gase durch das Ceratophyllum demersum direkt proportional der Lichtintensität ist. — Ich sammelte das Gas von fünf verschiedenen Pflanzen, die ebenfalls eine sehr constante Proportionalität in der Entwickelung des Gases zum Lichte zeigten. Dieselben waren von einem verschiedenen Alter und Grösse gewählt. Die Analyse der Gase ergab folgende Zusammenstellung:

in 100 Theilen

I	II	III	IV	V	
54	66	71	87	98	Sauerstoff
46	34	29	13	2	Stickstoff
100	100	100	100	100	

Kohlensäure ist hier nicht in Betracht gezogen. Sie betrug in allen Fällen kaum 1—2 % des gesammelten Gases.

Hieraus schliessen wir, dass die Zusammensetzung des sich ausscheidenden Gases in keiner Beziehung zu der Ausscheidungsgeschwindigkeit steht, dass also die Proportionalität zwischen derselben und der Intensität des Lichtes bei jeder Zusammensetzung des sich im Innern der Pfanzen befindenden Gases stattfindet.

Weiter unternahm ich ganz ähnliche Versuche mit dem Potamogeton natans.

Es lässt sich mit dieser Pflanze nur bei ziemlich intensivem Lichte gut arbeiten, weil die Blasen sehr gross werden, da die Stengel überhaupt ziemlich dick sind, und eine breite Schnittfläche der Abscheidung darbieten, so dass man nur bei starkem Lichte eine schnelle Aufeinanderfolge der Blasen hervorbringen kann, was ja, wie ich schon vorher bemerkte, einen wesentlichen Einfluss auf die Regelmässigkeit der Abscheidung ausübt. Man sucht freilich, wie schon früher erwähnt, solche Blätter aus, die mit dünnen Stielen und überhaupt ganz gesund und ohne Risse sind. Es kommt dann und wann vor, dass irgend eine oder mehrere auf der obern Seite des Blattes sich befindende Spaltöffnungen, die bei der Untertauchung unter das Wasser sich in der Regel verschliessen, sich öffnen. In diesem Falle hört die Gasausscheidung aus dem Stiele momentan auf, und sie wird sofort hergestellt, wenn nur die sich über einer Spaltöffnung gebildete Gasblase in die Höhe entweicht. Wenn sich also eine solche Blase auf irgend einer Stelle des Blattes zeigte, so wurde der Versuch mit diesem Blatte entweder ganz unterbrochen, oder ich wartete ab, bis das Blatt von neuem durch den Stiel das Gas ausschied. Indessen kommen derartige Störungen nicht sehr oft vor, und in bei weitem grösserer Anzahl der Fälle ging die Gasausscheidung durch den Stiel, so dass wir also das Potamogeton natans als sehr zweckmässig für unsere Versuche bezeichnen können. Die Blätter des Potamogeton natans bieten der Beleuchtung eine grosse ebene Fläche dar, was ja immer sehr wünschenswerth ist, und können leicht in einer gegebenen Richtung gestellt sein, ohne die Stellung bei der Bewegung des Apparates nur auch im Geringsten zu ändern, und ohne die gläsernen Wände des Apparates Fig. 1 zu berühren. — Dazu braucht man nur das Blatt, bei seiner Spitze mit einem passenden eisernen Nagel durchgestossen, in das Wasser zu bringen. Der schwere Nagel sinkt zu Boden, hält das Blatt bei der Spitze fest und zwingt es dadurch eine verticale Stellung anzunehmen, wie Fig. 4. Taf. III zeigt. Auf diese Weise ist es leicht dem Blatte eine jede beliebige Stellung zu geben und auch dieselbe dauernd zu erhalten. —

Vor der Anstellung der analogen Versuche mit dem Potamogeton natans prüfte ich, wie lange überhaupt das Potamogeton natans gleichmässig functioniren konnte.

Zu diesem Zwecke wählte ich zwei Punkte auf dem Schlitten-

apparate. Die Lichtintensität auf dem Rahmen CD, wenn ich ihn auf einen von diesen Punkten stellte, war zweimal grösser als diejenige, welche ihm in dem anderen zukam. Der Himmel war vollkommen nebel- und wolkenfrei. Die chemischen Intensitäten waren auch draussen gemessen. Wir bekamen eine Menge von Versuchsreihen, von denen ich hier nur diejenigen mittheile, bei welchen die chemische Intensität des Lichtes im Freien dieselbe geblieben war. — Der Versuch selbst dauerte 12 Minuten, da ja jede Ablesung erst nach je einer Minute nach der Aufstellung des Rahmens in dem gewählten Punkte des Schlittenapparates geschah. Ich bekam nun folgende Zahlen:

Potamogeton natans.

Zahl der Blasen in 30 Secunden bei

Intensität I	Intensität II	Quotienten
12	22	1,83
11	22	2,00
12	22	1,83
12	21	1,75
12	21	1,75
11	21	1,90
12	22	1,83

Mit diesem Resultate vollkommen befriedigt, stellte ich nun die vorher beschriebenen Versuche, und zwar ganz auf dieselbe Weise wie mit dem Ceratophyllum demersum, an, und gelangte dabei zu folgenden Ergebnissen:

Potamogeton natans.

Versuchsreihe	Intensität des Lichtes	Zahl der Blasen in einer Minute	Quotienten
I	108	30	3,6
	51	15	3,4
	108	28	3,8
II	160	34	4,7
	230	49	4,7
	180	37	4,8
	75	18	4,2
III	185	55	3,4
	120	35	3,4

Versuchsreihe	Intensität des Lichtes	Zahl der Blasen in einer Minute	Quotienten
IV	150	56	2,6
	89	32	2,8
V	110	36	3,1
	53	17	3,1

Diese Tabelle bestätigt vollkommen den oben ausgesprochenen Satz über die Proportionalität zwischen Lichtintensität und Gasausscheidung, und ist obendrein noch viel beweisender, da ja die Quotienten in jeder einzelnen Versuchsreihe auffallend nahe gleich sind.

Darauf nahm ich den Ranunculus fluitans und untersuchte ihn gleichzeitig mit dem Potamogeton natans zusammen, wobei mir das Potamogeton selbst als Maassapparat diente. Die beiden Pflanzen wurden neben einander gestellt, wie Fig. 4 zeigt. Ich muss hier hinzufügen, dass der Ranunculus zu ähnlichen Versuchen ausgezeichnet passt, weil die Ausscheidung ungemein regelmässig und schnell vor sich geht. Ich bekam folgende Resultate:

Während derselben Zeiteinheit:

Potamogeton	Ranunculus	Quotienten
20	36	1,8
16	28	1,8
24	38	1,6
35	52	1,5
15	28	1,9
25	38	1,5

Ich hatte keine Gelegenheit noch mehr mit diesen Pflanzen zu arbeiten, da die Kälte, welche bald darauf eintrat, dieselben sehr angegriffen hatte, so dass man nur mit Schwierigkeit einzelne gesunde Exemplare aussuchen konnte. Das Ceratophyllum war schon schmutziggrün geworden, die Gasausscheidung blieb entweder vollkommen unterbrochen, oder war so schwach, dass sie nur bei sehr starkem Lichte stattfand.

Es ist klar, dass alle Lebensvorgänge in jedem Alter einer Pflanze verschieden sein müssen, dass also das Verhalten der Pflanze zu ihren Nahrungsstoffen sich immer ändert. Es ist z. B. möglich, dass eine Pflanze in der Jugend irgend einen Stoff aufnimmt oder ausscheidet, dessen Gewicht oder Volumen zu dem Gewichte oder Vo-

lumen der Pflanze in irgend einem Verhältnisse x steht; später ändert sich dies Verhältniss, wird zu $\frac{x}{2}$, $\frac{x}{3}$, $\frac{x}{4}$ u. s. w., es scheint aber wenigstens in Bezug auf die hier zu untersuchende Gasausscheidung, dass in allen diesen verschiedenen Momenten des Lebens einer Pflanze, diese x, $\frac{x}{2}$, $\frac{x}{3}$ .... auf dieselbe Weise durch den äusseren Einfluss, das Licht, modificirt werden. Alle Pflanzentheile und Blätter, die ich untersucht habe, waren von sehr verschiedenem Alter, die Versuche selbst dauerten je 2—3 Monate, das Verhältniss aber der Gasausscheidung zur Lichtintensität, wie aus allen oben angeführten Versuchen zu ersehen ist, blieb immer dasselbe.

Indem ich hier keine Analogie in dem Verhalten zwischen Wasser- und Landpflanzen zum Lichte ziehen will, begnüge ich mich vorläufig folgende Sätze auszusprechen:

1) *dass die Ausscheidung der Gase aus Wasserpflanzen direkt proportional der Intensität des Lichtes überhaupt ist;*
2) *dass dasselbe Verhalten bei jeder Zusammensetzung der ausgeschiedenen Gase stattfindet.*

Wie wenig aber diese Ausscheidung durch die Schwankung der Intensität der chemischen Strahlen beeinflusst wird, und wie constant die Ausscheidung bleibt, wenn nur die anderen Theile des Spectrums sich nicht ändern, das haben wir schon früher gesehen. Die Arbeiten aber mit dem hier zuletzt beschriebenen Apparate haben mir dieselbe Thatsache noch viel deutlicher gezeigt. Die Versuchsreihen nämlich, die hier bis jetzt angeführt worden sind, beziehen sich nur auf die kleinere Anzahl davon, bei welchen die äussere auf die Scheibe wirkende chemische Intensität sich nicht während der Anstellung derselben geändert hatte. Es war aber eine bei weitem grössere Anzahl solcher, bei denen die chemischen Strahlen im Laufe der angeführten 15 Minuten stark schwankten, wobei aber die Ausscheidung der Blasen vollkommen diejenige blieb, welche stattgefunden hatte, wenn keine Schwankung derselben vorhanden war. Ich führe hier nur einen solchen Versuch als Beispiel an. Der Himmel war vollkommen wolken- und nebelfrei.

Ich untersuchte die chemische Intensität in dem Mittelpunkte der Fläche CD (Fig. 2. Taf. III) in einer gewissen Entfernung derselben von der Scheibe mn und gleichzeitig die äussere chemische Intensität und erhielt

für die

äussere	innere
60	12.

Gleich darauf rückte ich die Fläche CD weiter von dem Glase ab, und untersuchte wieder die beiden Intensitäten,

bekam für die

äussere	innere
60	4.

Daraus war zu schliessen, dass die Lichtintensitäten überhaupt in den beiden gewählten Entfernungen sich wie 3 : 1 verhielten. Eine Pflanze, die zum Versuche diente, gab, wie es auch zu erwarten war, bei 50 Blasen im ersten Fall, nur 16 im zweiten in der Minute. Nun wurde die Pflanze fortwährend mit dem Rahmen von einer zur andern Stelle hin und her geschoben. — Die Zahl der Blasen wurde überall gezählt und die chemischen Intensitäten ausser dem Apparate gemessen. Wir erhielten auf diese Weise und bei diesem Versuche folgende Resultate:

Chemische Intensitäten ausserhalb		Zahl der Blasen bei Intensität 1	Zahl der Blasen bei Intensität 3
	60	17	50
nach 2 Minuten	53	16	51
„ 2 „	40	17	52
„ 3 „	44	16	49
„ 3 „	45	17	52
„ 2 „	40	17	50

Man sieht hier recht deutlich, wie wenig die Schwankungen der chemischen Intensitäten auf die Ausscheidung der Gase eingewirkt haben, obgleich die letzte für die Schwankungen der Lichtintensitäten überhaupt sich sehr sensibel zeigte.

Während ich nun, wie gesagt, von diesen beiden für die Wasserpflanze aufgefundenen Thatsachen keine Uebertragung auf die Ausscheidung der Gase durch die Blätter und grünen Theile der Stengel der Landpflanzen unternehmen will, werde ich hier nur Einiges in Betreff der letzteren mittheilen, wozu ich schon im vorigen Jahre gelangt bin. Ich konnte damals den gefundenen Resultaten keinen so genügenden Werth beilegen, um sie vereinzelt im Drucke erscheinen zu lassen, glaube aber, dass hier, wo es sich vorzugsweise um die Wirkungen von verschiedenen Lichtintensitäten auf die Pflanzen handelt, ein passender Ort zur Erwähnung ist.

Schon im vorigen Jahre habe ich versucht das Verhalten der Pflanzen zum Lichte verschiedener Intensitäten zu untersuchen. Ich construirte zu diesem Zwecke einen Apparat, der mir die Möglichkeit gab Pflanzen, ceteris paribus, nur unter verschieden intensivem Lichte wachsen zu lassen. Er bestand aus einem grösseren Kasten ohne Boden, der in sechs gleich grosse quadratische Abtheilungen durch Querwände getheilt ward. In jede von diesen Abtheilungen gelangte das Licht nur von einer Seite, nämlich von oben her. Um aber jeder Abtheilung verschiedene Intensitäten des Lichtes, und diese in einem bekannten Verhältniss zukommen zu lassen, wurde folgende Einrichtung angebracht. Die obern Decken waren aus Blech angefertigt, in welchem verschiedene kreisförmige Oeffnungen ausgeschnitten waren, deren Durchmesser sich zu einander wie

$$1 : \frac{1}{\sqrt{2}} : \frac{1}{\sqrt{3}} : \frac{1}{\sqrt{4}} : \frac{1}{\sqrt{\ }},$$

die Oeffnungen selbst also wie $1 : {}^1/_2 : {}^1/_3 : {}^1/_4 : {}^1/_5$ verhielten. Diese Oeffnungen wurden mit mattgeschliffenen Gläsern bedeckt, damit alle Strahlen, die darauf fielen, wenn auch dieselben direkt von der Sonne kamen, im inneren Raume zerstreut wurden. Durch Berechnung und Experiment wurde diejenige für die kleinste Oeffnung passende Entfernung von dem Boden ermittelt, und darnach die Höhe des Kastens bestimmt, welche nothwendig war, damit eine gewisse, für die Aussaat der Pflanze bestimmte Fläche möglichst gleichmässig beleuchtet wurde. Dies untersuchte ich vermittelst eines Photometers, den ich zu diesem Zwecke construirte und der der Hauptsache nach dem Rithischen Photometer gleich war. Ich prüfte zuerst seine Sensibilität und fand, dass er bei Veränderungen der Lichtintensitäten bis zu 13 $^0/_0$ fehlerhaft sein konnte. Um also den Fehler bei der Bestimmung der gleichmässig beleuchteten Fläche möglichst zu verkleinern, habe ich den, durch diesen Photometer als gleich in allen Punkten beleuchtet bestimmten Durchmesser, bei derselben Entfernung vom mattgeschliffenen Glase zweimal verkleinert. Selbstverständlich war die auf diese Weise ermittelte Höhe der betreffenden Abtheilung um so mehr für alle andern, mit grösseren Oeffnungen versehenen, passend. — Leider war ich damals noch nicht in dem Besitze des Roscoe'schen Apparats, so dass eine derartige Construction ziemlich beschwerlich und zeitraubend war. Mit Hülfe des Roscoe'schen Apparates würde dieselbe nicht nur sehr leicht ausführbar, sondern auch sehr genau und schnell zu machen gewesen sein. Der ganze Kasten wurde auf einen anderen breiteren, und

mit Erde gefüllten aufgestellt. Die einzelnen Abtheilungen waren sowohl zwischen einander als auch mit der äusseren Luft durch breitere knieförmig gekrümmte Röhren verbunden, die die Circulation der Luft ermöglichten, ohne das Licht von aussen und zwischen den Abtheilungen eindringen zu lassen.

Ausserdem wurden noch andere Einrichtungen angebracht, mit Hülfe deren man die Pflanzen nach Belieben oft sehen und die Temperatur in dem inneren Raume messen konnte. — Die letztere blieb nur dann bis zu 1 ° gleichmässig, wenn man die beiden dem Meridiane parallelen Seiten mit Stroh bedeckte, sonst war immer eine bis 5 ° steigende Erhöhung der Temperatur, — am Vormittag in der Ostseite, am Nachmittag aber in der Westseite des Kastens zu bemerken.

Leider war ich nur im August mit allen diesen Vorbereitungen fertig, so dass ich nur eine solche Pflanze für meinen Versuch wählen konnte, die rasch keimt und wächst; ausserdem war es selbstverständlich auch zu wünschen, dass die Saamen womöglich verhältnissmässig klein waren. Alles das glaubte ich in dem Lepidium sativum zu finden. Es wurden sechs Portionen Saamen aufgewogen, die alle das nämliche Gewicht besassen, und von denen jede 120 Saamen enthielt.

Darauf wurde eine kreisförmige Scheibe von der Grösse der in jeder Abtheilung zur Aussaat bestimmten Fläche aus Papier ausgeschnitten und darauf 120 Punkte regelmässig vertheilt. Nachdem dies Papier in diesen Punkten durchlöchert worden war, legte man es der Reihe nach auf die den Abtheilungen im obern Kasten entsprechenden Flächen, und warf dann in jede Oeffnung einen Saamen hinein. Darauf stellte ich den Kasten mit den Gläsern sorgfältig über die bepflanzten Flächen und liess ihn darauf stehen bis zum Ende des Versuches. Der Raum, der sich bildete zwischen dem aufgestellten und dem unteren mit Erde gefüllten Kasten, dessen Seiten 4—5 Zoll über die Erde hervortraten, wurde dazu benutzt, um eine gleichmässige Befeuchtung des Bodens zu ermöglichen, indem ich in denselben von Zeit zu Zeit Wasser bis zu einer gewissen Höhe eingoss. Dasselbe sickerte durch den Boden und gab auf diese Weise eine sehr regelmässige Befeuchtung in allen sechs Abtheilungen.

Ich brauche kaum noch zu bemerken, dass die inneren Wände des Kastens schwarz bestrichen waren. Die mattgeschliffenen Gläser waren, damit sie der Regen nicht benetze, ausserdem noch mit

einfachen und etwas geneigten Glasscheiben bedeckt. Im entgegengesetzten Falle würden die gewählten Verhältnisse in der Beleuchtung ganz anders ausfallen, je nachdem mehr oder weniger Wassertropfen auf der mattgeschliffenen Scheibe liegen bleiben, und je nachdem sich das Wasser länger auf der einen als auf der andern Scheibe befindet.

Die Pflanzen keimten zu derselben Zeit, jedoch war schon am dritten Tag nach der Keimung eine Verschiedenheit im Wachsthum in den Abtheilungen zu bemerken.

Je mehr Licht, desto grüner erschienen die Blättchen, und je weniger, desto länger die Stengelchen. In der fünften Abtheilung blieben die Pflanzen eben so bleich wie in der sechsten, und dies während der ganzen Dauer des Versuches. Nach sieben Tagen waren die Blätter sehr deutlich grösser dort, wo das Licht intensiver, die Stengel deutlich länger dort, wo es dunkler war. Die verschiedenen Pflänzchen in jeder einzelnen Abtheilung waren vollkommen gleichmässig ausgebildet; gleiche Höhe, gleiche Länge und Breite der Blättchen, mit einem Worte vollkommen gleiches Aussehen. Die Blättchen waren in der ersten Abtheilung stark nach unten concav gekrümmt, in der zweiten war die Krümmung schwächer, in der dritten noch schwächer und in den letzteren war sie kaum sichtbar. Auf die letzte merkwürdige Erscheinung hoffe ich an einem anderen Orte zurückzukommen; ich begnüge mich vorläufig damit, dieselbe nur zu erwähnen [1]. Leider war ich genöthigt, den Versuch schon drei Wochen nach der Keimung fallen zu lassen. Es entwickelte sich nämlich eine Krankheit in den Stengelchen der Pflänzchen, deren Ursache mir unmöglich war zu ermitteln. Sehr viele Exemplare neigten sich allmählich knieförmig zur Seite, die Neigung stieg fortwährend. Der Stengel wurde im Knie der Neigung immer dünner und dünner, bis der obere Theil desselben sich vertical nach unten richtete, wo dann die Blättchen ihre untere Seite dem Lichte zuwendeten. Die Thatsache, dass in der Abtheilung

I	50
II	41
III	20
IV	13
V	0
VI	0 Exemplare

1) Näheres darüber in Bot. Zeit. 1854 p. 32 von Martius und Bot. Zeit. 1864 p. 372 von Sachs.

krank waren, liess mich vermuthen, dass diese Krankheit nicht durch Mangel an Licht bedingt sei. Dass dieselbe nicht durch allzustarkes Licht hervorgebracht sein konnte, ist von selbst verständlich; die Intensität des Lichtes war ja in dem ersten Kasten sogar gewiss geringer als 0,1 derjenigen, die im Freien auf die Pflanzen einwirken konnte, und bei welcher dieselben sehr gut gediehen. Indessen will ich auf diese Thatsache hier nicht näher eingehen, da sie doch einer genaueren Prüfung bedarf. Immerhin vermuthe ich, dass das Licht, oder besser die Art und Weise, wie es den Pflanzen zukam, nicht ohne Einfluss auf die soeben besprochene Erscheinung war.

Ich nahm also den oberen Kasten weg und zog alle vollkommen gesund gebliebenen Exemplare sammt den Wurzeln aus dem Boden heraus, was sich bei der Feuchtigkeit desselben ziemlich leicht thun liess. Alle so ausgezogenen Pflänzchen wurden für jede besondere Abtheilung gezählt, und wir erhielten auf diese Weise:

in Abtheilung	gesunde Pflänzchen
I	50
II	80
III	90
IV	100
V	110
VI	101

Die Blättchen wurden mit einer scharfen Scheere sorgfältig abgeschnitten und Stengel und Blätter einzeln für jede besondere Abtheilung eingetrocknet. Darauf wurden dieselben aufgewogen und man erhielt Zahlen, die zu folgender Tabelle führten.

Das Gesammtgewicht von Wurzeln, Stengeln und Blättern für die Abtheilung I mit Lichtintensität I als 100 gesetzt, war folgendes:

Nr. der Abtheilung	Lichtintensität	Gewicht
I	1	100
II	$^1/_2$	99,5
III	$^1/_3$	100
IV	$^1/_4$	101
V	$^1/_5$	98
VI	dunkel	100

In diesem Falle ist, wie schon von Boussingault[1]) recht genau bewiesen wurde, das Gewicht der organischen Substanz der im Dun-

1) Comptes rendus 1864. P. 58. p. 883.

keln aufgewachsenen Pflanze jedenfalls kleiner als das der Saamen. In allen Abtheilungen also übersteigen die Gewichte der Pflanzen noch nicht die der Saamen. Die Zahlen dieser Tabelle sind so nahe einander gleich, dass wir die unbedeutenden Differenzen als Fehler ansehen können, durchaus nicht aber als etwas durch verschiedenes Licht Bedingtes, und dies um so mehr, da ja die Ab- oder Zunahme selbst in diesen kleinen Differenzen in keiner Beziehung mit den Lichtunterschieden steht. Die Grösse der Blätter aber, die sehr deutlich mit der zunehmenden Lichtintensität wuchs, liess es schon vermuthen, dass das Gewicht derselben in allen Abtheilungen nicht das nämliche sei. Die Blätter, und die Stengel mit den Wurzeln einzeln gewogen, und für ein Pflanzenindividuum dann in jeder Abtheilung berechnet, gaben folgende Zahlen:

auf 100 Gewichtstheile:

Abtheilung	Blätter	Stengel u. Wurzeln
I	30	70
II	22	78
III	18	82
IV	17	83
V	16,5	83,5
VI	16,7	83,3.

Man sieht also hier eine deutliche Zunahme im Gewichte der Blätter mit der zunehmenden Lichtintensität. Vergleicht man beide Tabellen mit einander, so wird man auch leicht bemerken, dass die Zunahme der Gewichte bei den Stengeln und Wurzeln umgekehrt geht, d. h. sie wächst mit der Abnahme der Lichtintensität. Wir können aus diesem Versuche schliessen, dass in einem Alter, wo noch die Pflanzen ihre organische Substanz auf Kosten der im Saamen enthaltenen bilden, — wenn auch ihre gesammte organische Substanz dem Gewichte nach nicht durch die verschiedenen Lichtintensitäten modificirt ist, — schon mit der Zunahme der Lichtintensität eine Zunahme des chlorophyllhaltigen Blattes, mit der Abnahme derselben eine in derselben Proportion stattfindende Zunahme des chlorophyllfreien Stengels vorhanden ist. Auch sind im letzteren Falle die Stengel länger und ebenso die Wurzeln, und dies ist durchaus durch nichts Anderes als durch Mangel an Licht bedingt, denn gerade so verhielten sich auch die in der dunkeln Abtheilung erwachsenen Pflänzchen.

Ueberhaupt waren die Pflanzen in Nr. V u. VI vollkommen, sowohl ihrem Aussehen, als auch ihrem Gewichte nach, einander

ähnlich: Die Lichtmenge, die der Abtheilung Nr. V zukam, war zu gering, um irgend einen Unterschied in dem Wachsthum der Pflanzen, wenigstens bis zu dem betreffenden Alter hervorrufen zu können. Es kann hier selbstverständlich keine Rede davon sein, ein anderes Verhältniss zwischen dem Zuwachse der Blätter und den Lichtintensitäten zu finden, als das eben angeführte.

Man sieht hier nicht, ob die Chlorophyllbildung direkt proportional der dem Lichte geht, und kann auch von so schwierig anzustellenden und so kurz dauernden Versuchen nicht eine zu grosse Genauigkeit der Resultate erwarten; indessen glaube ich eine ziemlich praktische Art und Weise, wie man dasselbe erforschen könnte, angedeutet zu haben. — Aber alle Schwierigkeiten, die in dem so construirten Apparate mir vorgekommen sind, fallen von selbst weg, sobald man dazu eine einfache und genaue photometrische Methode in Anwendung bringen kann. Und dies haben wir, wie schon früher erwähnt, vollkommen in dem Roscoe'schen Apparate gefunden. Ich will hier in der Kürze erwähnen, wie man bei der Construction des betreffenden Apparates den Roscoe'schen Photometer zu Hülfe nehmen muss.

Da die Schwankungen in den chemischen Strahlen, wie wir das schon öfters bemerkten, sehr schnell wechseln können und die Zeit, die nothwendig ist, um eine genügende Schwärzung des photographischen Papiers zu bekommen, doch eine ziemlich beträchtliche sein kann, je nachdem freilich demselben mehr oder weniger Licht zukommt, so kann man zuverlässige Resultate nur dann erhalten, wenn man die relativen Lichtintensitäten zweier oder mehrerer gegebenen Stellen gleichzeitig untersucht. Den Gang der Untersuchung würde man bei meinem Apparate folgendermaassen anstellen müssen: Man hat zuerst die Entfernung aufzusuchen, welche nothwendig ist, damit eine gewählte zur Aussaat bestimmte Fläche gleichmässig beleuchtet erscheint. Man braucht dazu nicht einen Papierstreifen mit neun Oeffnungen und untergelegtem photographischen Papier, wie man derartiges bei dem Roscoe'schen Apparate anwendet, sondern man gebraucht einen solchen mit so vielen Oeffnungen, wie viele derselben in den Durchmesser der gegebenen Fläche je nach ihrer Dimension hineingehen können.

Unter allen diesen Oeffnungen setzt man, wie sonst, bis zu ihrer Hälfte photographisches Papier und befestigt darauf den ganzen Papierstreifen auf einem Lineal mit breiter Fläche. Ein anderes Lineal kann dazu dienen, um die Oeffnungen mit dem photographi-

schen Papier vor und nach dem Versuche zu bedecken, und auf diese Weise dieselben vor fremdem Lichte zu schützen. — Bringt man einen der auf diese Weise angefertigten Streifen möglichst horizontal unter die Glasscheibe, so kann man leicht in jeder Entfernung von derselben bestimmen, wie gross der Durchmesser des Kreises ist, der in allen seinen Punkten gleichmässig beleuchtet ist, und auf diese Weise auch die Entfernung finden, bei welcher der Durchmesser einer gewählten Fläche in derselben Bedingung sich befindet. Die gefundene Entfernung giebt also das Maass für die Höhe des Apparates. Man muss jedoch nicht vergessen, dass die Pflanzen, welche auf diese Fläche gesäet sind, wachsen und ihre Höhe verändern, dass somit also das Verhältniss in der Beleuchtung der Blätter nicht gleich bleiben kann. Es ist also nothwendig, je nach der Höhe, zu der die gewählten Pflanzen hinreichen können, die Glasscheibe noch vorher von dem Boden zu entfernen. Dieselbe Höhe des Apparates wird also um so mehr die gesuchten Bedingungen für alle anderen mit grösseren Oeffnungen versehenen Abtheilungen erfüllen. — Nachdem dies geschehen ist, muss man nur noch die relativen Lichtintensitäten der Abtheilungen messen. Zu diesem Zweck untersuche man gleichzeitig zwei Punkte, von denen der eine in der Abtheilung Nr. I liegt, der andere in Nr. II, darauf wiederholt man dasselbe zwischen II und III, zwischen III und IV u. s. f. — Auf diese Weise erhält man das Verhältniss der Lichtintensitäten in I, II, III u. s. w. Bei gleichzeitig ausgeführtem Versuche braucht man selbstverständlich die Zeiten nicht zu messen, was die Arbeit noch um so mehr erleichtert. Wiederholt man diese Messungen mehrere Mal nach der Reihe, und zieht von den gefundenen Zahlen die Mittelwerthe ab, so kann man sich in kurzer Zeit einen sehr passenden Apparat construiren, um Pflanzen unter verschiedenen und in einem gewissen ermittelten Verhältnisse stehenden Lichtintensitäten wachsen zu lassen.

Wenn man im Besitze eines grösseren verdunkelten Raumes ist, so kann man für den betreffenden Zweck eine noch einfachere Construction anwenden. — Man braucht nur das Licht durch eine kreisförmige Oeffnung von oben her eintreten zu lassen. Vermittelst eines Cylinders, den man in diese Oeffnung vertical einstellt und eines oder zweier mattgeschliffener Gläser kann man leicht eine gleichmässige Dispersion des Lichtes in dem gegebenen Raume hervorbringen, und dieselbe bei jedem Stande der Sonne und bei beliebiger Bewölkung des Himmels unverändert erhalten. Wenn man dem Cylinder

eine solche Höhe giebt, dass die direkten Sonnenstrahlen sogar bei dem höchsten Stande der Sonne ins Innere des Raumes nicht eindringen können, so kann man dadurch in demselben eine ziemlich gleichmässige Abstufung in der Beleuchtung des Bodens hervorbringen, ohne sonst irgend welche andere Einrichtung. — Der Punkt auf dem Boden, der sich unmittelbar in der Verlängerung der Axe des Cylinders befindet, wird freilich am meisten beleuchtet; je mehr man aber sich von ihm in derselben Horizontalebene entfernt, desto geringer wird die Lichtmenge, und endlich, wenn man zu dem Punkte auf dem Boden kommt, wo die Diagonale des Cylinders bei ihrer Verlängerung den Boden trifft, ist dieser die Grenze der beleuchteten Fläche. Alles was noch weiter darüber zu liegen kommt, kann man durch reflectirendes Licht erhalten. Auf diese Weise bekommen wir auf dem Boden des gegebenen Raumes eine Reihe concentrischer Kreise mit abnehmender Lichtintensität. Der Raum aber muss bei dieser Einrichtung, wie gesagt, ziemlich gross sein, weil wir hier nicht mit Punkten oder Linien, sondern mit Pflanzen zu thun haben, und diese doch auch einen gewissen Raum einnehmen müssen. Selbstverständlich wird die Beleuchtung einer Pflanze desto gleichmässiger sein, je grösser der Apparat im Verhältniss zur gegebenen Pflanze ist.

Bei allen diesen Einrichtungen braucht man ausser den mathematischen Berechnungen, die hier jedenfalls schwierig ausfallen werden, da man ja nichts allzusehr Genaues sowohl in der Verfertigung der Apparate, als auch in der gleichmässigen Schleifung der Gläser erwarten kann, einen Photometer, der uns schon bei dem aufgebauten Apparate die relativen Beleuchtungen in jedem beliebigen Punkte desselben unmittelbar zeigt. Einem solchen Photometer begegnen wir in dem Roscoe'schen Apparate. Man kann vermittelst der von ihm angegebenen Methode, und bei zweckmässigem Gebrauche seines photographischen Papiers, die Lichtintensität in jedem beliebigen Punkte nicht nur in einem gegebenen Raume, sondern sogar auf einer und derselben Pflanze nachmessen. — Freilich alles dies nur bei zweckmässiger Einrichtung des betreffenden, zum Lichtversuchen mit Pflanzen bestimmten Apparates, also immer da, wo die Ab- oder Zunahme der Intensitäten in der Beleuchtung nur durch die grössere oder kleinere Entfernung der gegebenen Pflanze von der leuchtenden Quelle, nicht aber durch Veränderung der Farbe oder überhaupt durch Verschiedenheit der von zwei verschiedenen Lichtquellen herrührenden Intensitäten bedingt ist. Unter dieser Bedingung

allein zeigen uns die Schwärzungen des photographischen Papiers nicht nur die relativen Intensitäten der dabei wirkenden chemischen Strahlen, sondern auch die für sämmtliche Strahlen, welche dabei wirken.

Es bleibt mir nur noch dem Himmel dafür zu danken übrig, dass er in diesem Sommer so ausserordentlich gefällig gegen derartige Versuche sich gezeigt und immer heiter auf sie heruntergeblickt hat.

Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftorgane der Pflanzen.

Von

D. August Vogl.

(Mit 1 Tafel Abbildungen.)

Im Jahrgange 1863 der Schriften der k. k. zoolog. botan. Gesellschaft (p. 258 ff.) habe ich in einer Abhandlung ausführlich den Bau der unterirdischen Theile von Convolvulus arvensis L. und insbesondere die Verhältnisse jener Organe erörtert, welche den in dieser Pflanze reichlich vorkommenden Milchsaft beherbergen. Bezüglich dieses letzteren kam ich zu dem Resultate (p. 298. 3), dass die Milchgefässe entweder direkt aus Cambialzellen entstehen und anfangs mit Milchsaft gefüllte Siebröhren darstellen, oder dass sie aus senkrechten Reihen mit Milchsaft gefüllter Parenchymzellen hervorgehen; dass sie in beiden Fällen mehr weniger vollendete Fusionsgebilde sind; dass aber auch nicht verschmolzene Milchsaft-Zellreihen und sogar vereinzelte mit Milchsaft gefüllte Parenchymzellen vorkommen; dass die Milchsaftgefässe weder identisch mit den Baströhren seien, noch aus Intercellularräumen entstehen; dass nur jene der Innenrinde vom Cambium abhängig sind, jene der Mittelrinde und des Markes hingegen unabhängig von diesem entstehen. Noch in demselben Jahre legte ich der K. Akademie der Wissenschaften (Sitzung v. 17. Dezember Bd. 48) eine Arbeit vor, worin ich für die Milchsaftgefässe der Wurzeln von Taraxacum officinale Wigg. und Podospermum Jacquinianum Koch. eine gleiche Entstehungsweise zeigte und zugleich den Vorgang der Fusion näher beleuchtete.

Seitdem sind über die Milchsaftgefässe der Pflanzen mehrere Arbeiten erschienen, vorzüglich dadurch veranlasst, dass die Akademie der Wissenschaften des Institut Impérial zu Paris eine ausführliche Untersuchung dieser Organe als Preisaufgabe aufstellte.

Zwei deutsche Forscher, J. Hanstein in Berlin und L. Dippel zu Idar, erhielten gleichzeitig den Preis. Ersterer, dessen ausgezeichnete Arbeit (die Milchsaftgefässe und die verwandten Organe der Rinde. Berlin 1864) allein mir bekannt geworden ist, gelangte (p. 23) zu Resultaten, welche mit den von mir an den oben genannten Pflanzen gewonnenen fast vollkommen übereinstimmen, insbesondere dass diese Organe Zellfusionen und nicht identisch mit den Bastfasern sind. Entgegen den Ansichten Trecul's, welcher gestützt auf die Thatsache, dass Milchsaft oft auch in Spiroiden und anderen Elementen des Holzkörpers vorkömmt, in mehreren Abhandlungen nachzuweisen versuchte, dass die Milchsaftsgefässe in natürlicher und gesetzmässiger Communication mit den Bestandtheilen des Holzkörpers stehen, behauptet Hanstein, dass dieselben ein in sich abgeschlossenes System bilden und keine regelmässige Communication mit den Gefässen des Holzes nachweisen lassen. Sie entstehen gewöhnlich schon vor den Spiroiden aus dem Cambium, begleiten die Gefässbündel überall bis in die Blätter und Blüthen, schliesslich aber endigen sie stumpf und blind, und zeigen mehr Neigung sich im Parenchym (der Blätter) zu verlieren, als sich an die andern röhrigen Organe der Gefässbündel zu binden. In neuester Zeit jedoch sucht Trecul (Compt. rend. 1865 Jänner. pag. 78), gestützt auf neue Beispiele, seine frühere Ansicht aufrecht zu erhalten, indem er sogar Fälle von direkter Einmündung von Milchsaftgefässen in Elemente des Holzkörpers (bei Centropogon surinamensis und Lobelia laxiflora) gefunden zu haben angiebt.

In seinen letzten Arbeiten über die Milchsaftgefässe der Papaveraceen (Compt. rend. 1865 März. pag. 522) und Convolvulaceen (Compt. rend. 1865. pag. 825) gelangt derselbe französische Pflanzenanatom bezüglich der Entstehung dieser Organe zu gleichen Schlüssen wie Hanstein und ich, nämlich, dass sie nicht aus Intercellularräumen entstehen, sondern aus der Fusion von Zellreihen, und dass sie von den Bastfasern verschieden sind. —

Meine nachstehend mitgetheilten Untersuchungen sollen zunächst einen Anschluss bilden an die oben erwähnte Arbeit über Convolvulus arvensis, denn sie betreffen ebenfalls Windengewächse. In weiterem Sinne suchte ich über den zwischen Hanstein und Trecul

streitigen Punkt, ob nämlich eine regelmässige Communication zwischen den Milchsaftgefässen und den Elementen des Holzkörpers bestehe, ins Klare zu kommen. Zu dem Ende zog ich noch einige weitere Milchsaft führende Pflanzen, die mir eben leicht zugänglich waren, in den Kreis meiner Untersuchungen. — —

Der Bau der Wurzel und der Wurzelsprossen von Calystegia sepium R. Brown stimmt fast vollkommen mit jenem der gleichen Theile von Convolvulus arvensis überein. Wie dort, besteht auch hier die Aussenrinde jüngerer Theile aus einer Epidermis, bei älteren Theilen aus einem mehrschichtigen Periderm, welches an seiner innern Seite von einer einfachen Lage von Mutterzellen begleitet wird. Eben so ist die Mittelrinde vorwaltend aus kurzcylindrischen, am Querschnitte ellipsoidischen, tangential gestreckten Zellen zusammengesetzt; doch sind sie im Ganzen grösser (T = 0,04; R = 0,03—0,037 W. L.). Sie enthalten (Juni) vorwaltend protoplasmatische Masse neben sparsamen Stärkekörnchen. Die Innenrinde besteht aus Siebröhrenbündeln, welche am Querschnitte viereckige Complexe bilden, die seitlich und nach aussen von Parenchymzellen umgeben werden. Bei den Wurzelsprossen trennt ein einfacher Kreis dickwandiger Bastfasern (T = 0,012—0,018; R = 0,006—0,009 W. L.) die Innenrinde von der Mittelrinde. Bei der Wurzel ist hier eine deutlich entwickelte Stärkeschicht (Sachs, Pringsheim's Jahrb. III. 1863. p. 194) nachweisbar. Nach innen zu geht die Innenrinde in eine ziemlich starke Cambiumlage über.

Der Holzkörper besteht vorwaltend aus dickwandigen Holzfasern (0,006—0,012 W. L. im Durchmesser) mit zahlreichen verschieden weiten Spiroiden (0,012—0,05 W. L. im Durchm.). Ein starkes Siebröhrengewebe schliesst den Holzring vom Marke ab, das aus weiten schlaffen, dem Parenchym der Mittelrinde entsprechenden Zellen gebildet wird und zahlreiche grob-netzförmig-poröse Steinzellen enthält. In älteren Sprossen fand ich das Markcentrum resorbirt.

Die Milchsaft führenden Organe finden sich bei Calystegia sepium wie bei Convolvulus arvensis in allen Gewebsschichten, am häufigsten jedoch und am grössten in den äusseren Partien der Innenrinde. Sie stehen hier am Querschnitte je nach dem Alter des Theiles in einem oder mehreren concentrischen Kreisen, selten vereinzelt, meist zu mehreren gruppirt. In der Regel haben sie hier einen Durchmesser von 0,03 W. L., nicht selten jedoch bis T = 0,05; R = 0,02 W. L., während derselbe im inneren Theile der Innenrinde 0,012—0,018 W. L. nicht überschreitet.

Untersucht man die durch Maceration (Kochen in Wasser oder verdünnten Säuren) isolirten Milchsaftorgane der Innenrinde, so kann man sich leicht überzeugen, dass sie hier ganz unter denselben Verhältnissen auftreten, wie bei Convolvulus arvensis, d. h. dass sie ursprünglich milchsaftführende Siebröhren sind, welche sich weiterhin zu Milchsaftschläuchen und Milchsaftröhren entwickeln.

Was die Siebröhren der Calystegia sepium anlangt, so stimmen dieselben, wie sie im inneren Theile der Innenrinde gefunden werden, ganz mit jenen der Ackerwinde überein. Es sind lange dünne prismatische Schläuche, welche mit schiefen oder horizontalen Querflächen an einander stossen und als lange fadenförmige Reihen sich isoliren lassen. An der queren Verbindungsstelle je zweier Siebzellen findet sich ein einfacher scheibenförmiger Verdickungspolster ganz in der Art wie bei Convolvulus arvensis. Die im äusseren Theile der Innenrinde befindlichen Siebröhren dagegen sind ungleich weiter und zeigen nicht einen einfachen Verdickungspolster, sondern mehrere Querwülste oder (durch verdünnte Säuren macerirt) eine breite elliptische Querwand, welche durch Querleisten in drei Abtheilungen getheilt ist, wovon jede siebförmig durchbrochen erscheint. Durch Chlorzinkjod oder durch Jod und Schwefelsäure färben sich die Siebröhren, obwohl schwierig, blau; sie enthalten einen Innenschlauch, der sich an die Verdickungspolster anheftet und durch Cochenilleauszug roth gefärbt wird (Fig. 10). In der Mittelrinde finden sich bei Calystegia sepium fast nur senkrechte Reihen von Milchsaftschläuchen. Isolirt man die durch Kochen macerirten Elemente der Mittelrinde, so erhält man fadenförmige Reihen länglicher beiderseits schief zugespitzter Complexe von 5—7 mit horizontalen Querwänden übereinander stehender Parenchymzellen (Fig. 8). Untersucht man die einzelnen Zellen näher, so findet man in jeder derselben einen Innenschlauch, der entweder in allen Zellen eines Complexes von sämmtlichen Wänden retrahirt, oder in einzelnen Zellen der Querwand bloss angewachsen ist; oder es sind die Innenschläuche zweier zunächst übereinander stehender Zellen der gemeinschaftlichen Scheidewand angewachsen und nur durch dieselbe von einander getrennt; oder die letztere ist spurlos verschwunden und die Schläuche beider Zellen sind zu einem einzigen verschmolzen; oder dasselbe findet bei mehreren über einander stehenden Zellen statt, oder endlich die Innenschläuche sämmtlicher Zellen eines Complexes sind zu einem einzigen den ganzen Raum der Mutterzelle des letzteren auskleidenden Schlauche verschmolzen. In solchen verschmolzenen Zellen nimmt

auch der protoplasmatische Inhalt mehr die Eigenschaften des Milchsaftes an. Ich glaube, dass diese Beobachtung ein deutliches Licht wirft auf die Entstehung der einzelnen Milchsaftschläuche und ihrer zusammenhängenden Reihen. Jeder Milchsaftschlauch geht aus der Verschmelzung der zu einem Complexe gehörenden Zellen hervor; erfolgt dieser Vorgang durch die ganze senkrechte Reihe von Complexen, so müssen ähnliche Reihen von schief aneinander stossenden Milchsaftschläuchen entstehen.

Schon die übereinstimmende Form, Länge und Anlagerung der einzelnen Milchsaftschläuche und der Parenchymcomplexe deutet auf diese Entstehungsweise hin, mit welcher ganz besonders auch der von Trecul (Compt. rend. 1865. p. 825) beobachtete und von mir bereits bei Convolv. arvensis[1]) hervorgehobene Umstand übereinstimmt, dass die Membran dieser Milchsaftschläuche durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt wird. Die äussere oder Mutterzellhaut, welche hier wenigstens zum Theile aus Pectinsubstanzen besteht, wird offenbar als Intercellularsubstanz verwendet.

Eine zum Theile gleiche Bedeutung und Entstehungsweise haben die Milchsaft-Schlauchreihen in dem äusseren Theile der Innenrinde und im Marke, zum Theile gehen sie jedoch aus Siebröhren hervor in einer Weise, wie ich sie bereits für Convolvulus arvensis (l. c. pag. 286) beschrieben habe. Oft erkennt man an ihnen noch die einzelnen Siebzellen, aus denen sie hervorgegangen sind und die einzelnen Schläuche lassen sich dann mehr weniger leicht von einander trennen; häufig jedoch ist keine Spur ihrer Entstehung aus Zellen nachzuweisen, indem sie verschieden lange continuirliche Röhren, wahre Milchsaftgefässe darstellen, an denen man nur hie und da eine siebförmig durchbrochene Querwand auffindet (Fig. 11).

Verzweigungen und Verbindungen zeigen die Milchsaftorgane der Calystegia sepium nicht; sie durchsetzen, von einander vollkommen isolirt, oder in Gruppen oder Bündel vereinigt, das umgebende Gewebe in senkrechter Richtung.

Da bei dieser Pflanze, sowie bei Convolvulus arvensis einzelne Spiroiden, ja selbst Holzzellen mit Milchsaft gefüllt sind, der sich von jenem der eigentlichen Milchsaftorgane in nichts unterscheidet[2]); so suchte ich mich zu überzeugen, ob hier eine Verbindung dieser

---

1) l. c. pag. 282.

2) Der Milchsaft von Calystegia sepium zeigt dieselben Eigenschaften, wie jener von C. arvensis. Durch Eisensalzlösungen wird er olivengrün, ist also gerbstoffhaltig.

Holzelemente mit den Milchsaftgefässen stattfinde. Allein die sorgfältigste Untersuchung von Längen- und Querschnitten, sowie der isolirten Elementarorgane, liess mich keine Spur einer solchen Verbindung auffinden. Im markständigen Cambium treten allerdings einzelne Milchsaft-Siebröhren sehr nahe an die Elemente des Holzkörpers heran, nie jedoch in unmittelbare Berührung, und da sie keine Aeste abgeben, so ist nicht einzusehen, auf welche Weise sie überhaupt mit letzteren in Communication treten sollten.

Die Wurzel von Calystegia Soldanella Br. (blühende Pflanze) zeigt am Querschnitt ein 2—3schichtiges Periderm, dann wenige Lagen tangential gestreckter Parenchymzellen mit reichlicher Intercellularsubstanz, weiterhin 3—4 Lagen grosser schlaffer rundlicher Zellen (T = 0,024; R = 0,012″; L = 0,018—0,021 W. L.) mit luftführenden Intercellularräumen und einzelnen eingestreuten Milchsaftgefässen. Der Zelleninhalt ist ein ähnlicher wie bei Calystegia sepium. Die Innenrinde besteht vorwaltend aus Siebröhren mit eingestreuten weitern und engern Milchsaftgefässen. Die Siebröhren (0,004—0,006‴ im Durchm.) sind sehr zart, nicht lang, mit deutlichem durch Jodalkohol goldgelb sich färbendem Innenschlauch und schiefen oder horizontalen einfachen scheibenförmigen von Siebtüpfeln durchbrochenen Verdickungspolstern.

Der Holzkörper ist schmal, aus sehr weiten und engeren Spiroiden (T = 0,012; R = 0,024‴) und dickwandigen Holzzellen zusammengesetzt; an seiner Markseite findet sich eine zusammenhängende Siebröhrenschicht. Das Mark zeigt grosse schlaffe dünnwandige Zellen mit luftführenden Intercellularräumen.

Milchsaftorgane kommen in der Wurzel von Calystegia Soldanella also nur in der Rinde und zwar im inneren Theile der Mittel- und in der Innenrinde vor.

Durch längeres Kochen in Wasser, oder durch kurzes in verdünnten Säuren, lassen sich die Gewebselemente sehr leicht isoliren.

Die Milchsaftorgane sind hier wie bei C. sepium meist Schlauchreihen mit vorhandenen oder resorbirten Scheidewänden, bald aus Parenchym-Zellreihen, bald aus Siebröhren hervorgegangen, oder sehr lange Röhren, ohne alle Andeutung der Fusion. Nach der Maceration durch Kochen stellen sie sich als zusammengefallene sehr dünnwandige Zellreihen, Schlauchreihen oder Röhren dar, die durch Jodalkohol schön goldgelb gefärbt werden. Ihr Inhalt, unter Wasser eine graue feinkörnige Masse darstellend, wird von Kalilauge mit schöner gelber Farbe gelöst; Eisensalzlösungen

färben ihn olivengrün, Jodalkohol verwandelt ihn in eine homogene gestockte gelbe Masse. In Alkohol ist er zum grossen Theile löslich.

Eine grosse Aehnlichkeit mit den Milchsaftorganen von Calystegia sepium zeigen in ihrem Baue und ihrer Anordnung die gleichen Organe in den unterirdischen Theilen von Ipomaea Turpethum R. Br. (Turbithwurzel, Radix Turpethi). Ich habe bereits im Jahre 1864 in den Medizinischen Jahrbüchern pag. 25 ff. eine nähere Darstellung des Baues der Turbithwurzel geliefert, will aber hier, da diese Arbeit als in einem Journale von vorherrschend praktischem Interesse veröffentlicht, weniger bekannt geworden sein dürfte, in Kürze die dort mitgetheilten Resultate erwähnen und dann noch weitere spezielle Untersuchungen über die Milchsaftorgane dieser Drogue anschliessen.

Die Mitte des glatten Querschnitts durch eine stärkere Wurzel nimmt ein runder oder elliptischer blassgelber von weiten Spiroiden siebförmig durchlöcherter Holzkörper (primärer Holzkörper) ein. Ein Mark fehlt ganz, dafür finden sich in der Regel einige wenige ganz unregelmässig angeordnete als weisse Streifen erscheinende Markstrahlen.

Nach aussen ist dieser centrale Holzkern zunächst von einer bis 0,5‴ breiten braunen Schicht umgeben, auf welche nach aussen hin eine verschieden starke Rinde folgt.

Der Hauptmasse nach besteht diese, am Querschnitte gesehen, aus 1 bis mehreren Reihen abgerundet-keilförmiger Holzportionen (secundäre Holzbündel), welche seitlich durch gerade oder etwas gebogene weisse Streifen (Rindenmarkstrahlen), in tangentialer Richtung dagegen durch gebogene braune Linien (Cambium) von einander getrennt sind. Diese in der Rinde auftretenden Holzbündel, durch gelbliche Färbung und durch zahlreiche weite Gefässöffnungen leicht kenntlich, sind nach auswärts gewölbt, nach einwärts verschmälert; je weiter nach aussen, desto schmäler, kleiner und zahlreicher werden sie; die äusserste Reihe bildet häufig die Umrandung des Wurzelquerschnitts, oder es folgt noch nach aussen hin ein schmaler grauweisser Streifen (Mittelrinde).

Unter den dünneren Wurzelstücken findet man bald solche, welche einen von regelmässigen Markstrahlen durchsetzten und mit einem Markkörper versehenen Holzcylinder, bald solche, die bloss einen centralen Holzkörper besitzen, der von einer breiten weissen Rinde umgeben wird.

Die secundären, oben beschriebenen Holzbündel sind hier sehr

schwach entwickelt und oft nur mit bewaffnetem Auge, besonders nach Befeuchtung des Querschnitts mit Wasser und Jodsolution, wodurch die Holzbündel gelb, die übrigen Rindenpartien violett gefärbt werden, deutlich wahrzunehmen. Die Aussenrinde wird von einem Periderm gebildet, das aus 4—8 Reihen unregelmässig polygonaler dünnwandiger brauner Zellen besteht.

Die Mittelrinde ist relativ nur sehr schwach entwickelt, fehlt bei älteren Stücken oft ganz und wird aus 7—10 Zellreihen zusammengesetzt, wovon die äusseren 3—4 Lagen aus kleineren am Querschnitte fast runden Zellen bestehen, während die inneren Lagen grössere, am Querschnitte tangential-gestreckte Zellen enthalten. Die Wände der Zellen sind ziemlich stark, porös; ihr Inhalt zum grössten Theile componirtes Amylum; hie und da kommt eine grosse morgensternförmige Krystalldruse, in wenigen Zellen Milchsaft vor. Durch Kochen in Kalilauge macerirt, lassen sie sich, wie bei den bereits beschriebenen Convolvulaceen, in linienförmige Complexe isoliren.

Die Innenrinde bildet den bei weitem vorwiegenden Theil der Rinde, so zwar, dass ihr gegenüber, die Aussen- und Mittelrinde fast verschwinden. Ihre Grundmasse bilden langgestreckte Elemente, welche ein gleichförmiges, im inneren Theile regelmässig geschichtetes und von Markstrahlen durchschnittenes Gewebe zusammensetzen, in welchem die secundären Holzbündel eingesenkt vorkommen. Bei dünneren Stücken (Stolonen) finden sich an der Grenze der Innen- nnd Mittelrinde Gruppen stark verdickter, sehr langer (1—2‴) Baströhren; bei allen stärkeren Stücken fehlen diese ganz und die Mittelrinde geht allmählich in die Innenrinde über.

Was zunächst das erwähnte Grundgewebe der Innenrinde anbelangt, so besteht es der Hauptsache nach aus Siebröhren. Diese stellen 0,071—0,142‴ lange Schlauchzellen dar, welche mit schiefen Querwänden aneinander stossen und hier verschmolzen sind, so dass sie sich durch Kochen in Kalilauge nicht oder sehr schwierig trennen lassen, und in langen fadenförmigen Complexen vereinigt erscheinen. Die Verbindungsstelle (Querwand) ist polsterförmig verdickt, entweder scheibenförmig mit einer Einsenkung oder einer Längsfurche in der Mitte, oder aber elliptisch, durch mehrere Einschnürungen in eine Reihe von Querwülsten getheilt (Fig. 12 a). Bei manchen Siebröhren fehlt die polsterförmige Verdickung der Scheidewand, dagegen ist diese letztere durch mehrere Querleisten gleichsam in Felder abgetheilt, wovon jedes sehr schön und ungemein deutlich sieb-

förmig durchbrochen erscheint (Fig. 12b). Ich habe noch bei keiner Pflanze die Siebtüpfelung so ausgesprochen gefunden, wie hier.

An den Seitenwänden besitzen die Siebzellen der Turbithwurzel sehr häufig, doch keinesweges constant eine einfache Längsreihe runder einfacher Tüpfel. Im Ganzen haben diese Organe, wie sie hier dargestellt wurden, eine grosse Aehnlichkeit mit den Siebröhren von Sambucus Ebulus und der Wurzel von Atropa Beladonna. Als Inhalt führen sie bald Milchsaft, bald Amylum.

Die Milchsaft führenden Siebröhren sind ungleich weiter, als die mit Stärkmehl gefüllten; ihr Durchmesser beträgt 0,02—0,04 W. L. Sie stehen gewöhnlich zu 2—3 beisammen, umgeben von Stärkmehl führenden Siebzellen und bilden am Querschnitte, ähnlich den Milchsaftorganen der Jalapa-Knollen mehr weniger weitläufige, mit den Gefässbündeln concentrische Kreise. Die zahlreichsten und weitesten finden sich bei dünneren Stücken einwärts der secundären Holzbündel, und bei den stärkeren Stücken, derselben Oertlichkeit entsprechend, einwärts der innersten Reihe secundärer Holzbündel oder zwischen diesen in radialer Richtung. An der zuerst bezeichneten Stelle gehen auch die radial gereihten Siebröhren einerseits nach innen, den cambialen Theil der Innenrinde bildend, in Cambialfasern und Cambiumzellen, andrerseits nach aussen in die Gewebselemente der secundären Gefässbündel über.

In den stärkeren Stücken sind im Allgemeinen die Milchsaft-Siebröhren weiter, ihre Elemente (Siebzellen) kürzer; nach aussen gehen sie in Zellen über, welche vollkommen die Gestalt, Länge und Anordnung der Siebzellen haben, durch Kochen in Kalilauge sich jedoch vollkommen isoliren lassen und keine Verdickungspolster zeigen. Diese Zellen führen theils Amylum und stellen so eine Art Bastparenchym dar, oder sie enthalten Milchsaft. Die letzteren stellen in der Regel nur lange senkrechte Reihen von Schläuchen dar, seltener findet man mehrere derselben zu weiten ununterbrochenen Röhren verschmolzen.

Die Siebröhren sind von zahlreichen Krystallkammerfasern begleitet, welche vollkommen jenen von Convolvulus arvensis entsprechen. Die die Siebröhrenbündel trennenden Markstrahlen der Rinde enthalten parallelepipedische radial-gestreckte Zellen, welche zum grössten Theile Amylum führen; nur einzelne enthalten eine Krystalldruse, und hie und da ist eine senkrechte Zellreihe mit Milchsaft gefüllt. Eine Verschmelzung dieser Milchsaftzellen zu Röhren habe ich hier eben so wenig wie in der Mittelrinde beobachtet.

Der Milchsaft ist zum Theile in Aether, zum grössten Theile in Alkohol löslich; ätherische Oele verwandeln ihn in eine gelbliche homogene harzige Masse; verdünnte Schwefelsäure löst einen Theil auf, der Ueberrest ist körnig, gelblich; Kalilauge löst ihn mit gelber, concentrirte Schwefelsäure, Salzsäure und Benzol mit gelblicher Farbe auf; Jodsolution verwandelt ihn in eine homogene goldgelbe harzartige Flüssigkeit.

Die Holzbündel bestehen aus einer Grundmasse, gebildet von ziemlich dickwandigen behöft-getüpfelten und mit deutlichen seitlichen Communicationsöffnungen versehenen gefässartigen Holzzellen (Tracheiden Sanio's) und dickwandigen schmalen prismatischen, sparsame einfache spaltenförmige Tüpfel zeigenden bastartigen Holzfasern (Libriform Sanio's), in welcher ohne bestimmte Ordnung sehr weite (bis 0,05‴ im Durchm.) netzförmig poröse Spiroiden eingestreut sind. Letztere sind sehr häufig mit Milchsaft gefüllt; eine Communication zwischen ihnen und den Milchsaftorganen konnte ich jedoch selbst dort nicht finden, wo die letzteren nahe an den Holzkörper gerückt waren. Uebrigens kommen gerade in älteren Stücken mitten im Holzkörper derartige Milchsaft führende Spiroiden vor, wo an eine offene Verbindung derselben mit Milchsaftgefässen unmöglich gedacht werden kann.

Die Markstrahlen bestehen aus im Ganzen parallelepipedischen radial-gestreckten grosstüpfligen Zellen, welche Amylum führen. Ein gleicher Inhalt findet sich in dem Holzparenchym, dessen dünnwandige am Querschnitte quadratische Zellen lang gestreckt sind und sehr mannigfaltige, häufig ganz unregelmässige, mit Spitzen und Ausbuchtungen versehene Formen zeigen.

Der Milchsaft ist also bei Ipomaea Turpethum in Parenchym-Zellreihen der Mittelrinde und der Rindenmarkstrahlen, in Schlauchreihen und Röhren der Innenrinde, und in einzelnen Spiroiden enthalten. Die Milchschläuche und Röhren gehen aus Siebröhren hervor und zeigen keinerlei Communication mit Elementen des Holzkörpers. Verzweigungen besitzen die Milchsaftorgane dieser Pflanze eben so wenig, wie jene der früher besprochenen Convolvulaceen.

Bevor ich zu einer andern Pflanze dieser Familie übergehe, will ich noch näher auf das so merkwürdige Vorkommen von Holzbündeln mitten in der Rinde der Turbithwurzel eingehen.

Macerirt man Stücke derselben durch Fäulniss, so überzeugt man sich, dass die Holzbündel eines jeden Kreises ein zusammen-

hängendes System bilden, indem die einzelnen, auffallend schlängeligen Bündel seitlich durch gleichstarke Aeste anastomosiren und so um den centralen Holzkern ein Netz oder Gitterwerk mit engen Maschen darstellen, das nach einwärts mit letzterem durch sehr feine, unter sehr spitzen Winkeln abgehende Zweige in Verbindung steht. Sind mehrere Kreise secundärer Holzbündel vorhanden, so stehen sie in derselben Weise in radialer Richtung im Zusammenhange. Hartig (Bot. Zeitg. 1859. pag. 108) zählt diese Bildung, die er auch im Stamme von Ipomaea tuberosa beobachtete, zu den abnormen Holzbildungen und meint, dass, während bei anderen Holzpflanzen die Gefässbündel sich seitlich verzweigen, hier eine Ramification in radialer Richtung nach aussen stattfinde. Der Umstand, dass alle secundären Gefässbündel in der Rinde an ihrer äusseren Seite von Cambialgewebe umgeben sind, zusammengehalten mit dem Vorhandensein nur ganz dünner Aeste, welche sie mit dem primären Holzkörper verbinden, spricht aber dafür, dass sie nicht Verzweigungen des letzteren in radialer Richtung, sondern ganz selbstständige Bildungen der Rinde sind, wahrscheinlich derart entstanden, dass ein Theil des Gewebes der Innenrinde in den cambialen Zustand überging und die Holzbündel ausbildete, welche sich dann durch feine Aeste mit den primären in Verbindung setzten. Was diese letzteren anbelangt, so verlaufen sie vollkommen gestreckt ohne seitliche Anastomosen und bilden verschieden starke Stränge, welche durch ein dünnwandiges Amylum führendes Gewebe, das in verschiedenen Wurzelstücken eine ungleich starke Entwicklung besitzt und dessen ich schon oben als Holzparenchym erwähnt habe, mit einander verbunden sind.

Der Stengel von Convolvulus tricolor Lin. (blühende Pflanze) zeigt am Querschnitte zu äusserst eine mit starker Cuticula versehene Epidermis, davon einzelne Zellen zu Warzen und Haaren entwickelt sind. Auf diese folgt eine 2—3 Zellen breite Schichte rundlicher, Chlorophyll (mit Amylum) führender Zellen (T = 0,006; R = 0,004; L = 0,012—0,015 W. L.), dann eine etwas stärkere Schichte ähnlicher Zellen mit stark entwickelter Intercellularsubstanz, neben Protoplasma spärliche Stärkekörnchen führend und endlich, die Mittelrinde abschliessend, ein aus 2—3 Lagen schlaffer gefalteter Zellen gebildetes Gewebe (R = T = 0,009; oder T = 0,012; R = 0,008 W. L.), welches viele Milchsaftgefässe enthält.

Eine continuirliche einfache Lage tangential gestreckter, von Amylum strotzender Zellen (T = 0,012; R = 0,006; L = 0,03 W. L.

[Stärkeschicht]) und innerhalb derselben ein unterbrochener Kreis dickwandiger, zu 2—6 beisammen stehender Bastfasern (0,004‴ im Durchm.), zwischen denen grosse tangential gestreckte Parenchymzellen liegen, trennt die Mittelrinde von der Innenrinde, welche letztere im übrigen Theile aus wenigen Siebröhren und einer nur schwach entwickelten Cambiumlage besteht. Der Holzring zeigt regelmässig gereihte Elemente; im äusseren Theile desselben herrschen radial gereihte Tracheiden, im inneren Theile abrollbare Spiroiden vor. Die Markstrahlen sind eine Zelle breit. Auf der Markseite des Holzringes findet sich auch hier eine ziemlich starke Siebfaserschicht vor.

Das Mark besteht aus grossen (0,024 W. L. im Durchm.) schlaffen Amylum-Zellen; das Centrum ist grösstentheils resorbirt.

Die durch kurzes Kochen in verdünnter Salzsäure isolirten Siebröhren zeigen, namentlich auf Zusatz von Jodalkohol sehr schön, einen contrahirten gefalteten Innenschlauch, der sich an die schief oder horizontal gestellten Verdickungspolster, die einfach linsenförmig sind und eine feine Siebtüpfelung bemerken lassen, fest anheftet.

Die Siebzellen sind etwa 0,003 W. L. breit, 0,036—0,048 W. L. lang und an ihren Enden etwas aufgetrieben; sie führen bloss eine protoplasmatische Masse; nirgends konnte ich weder in den rinden-, noch in den markständigen Siebröhren Milchsaft finden. Die Milchsaftorgane sind bei Convolvulus tricolor vielmehr bloss auf die Mittelrinde, und zwar auf deren innersten, an die Stärkeschicht anstossenden Theil beschränkt. Sie zeigen sich hier selten als Milchsaftreihen, sondern vorwaltend als lange cylindrische ununterbrochene Röhren mit einfacher zarter, durch Chlorzinkjod nicht blau werdender Wandung. Der Milchsaft war nur spärlich vorhanden; er war farblos, homogen, in Wasser und Alkohol zum Theile löslich, durch Jodsolution wurde er gelb, fadenziehend. Erwähnenswerth ist, dass manche Baströhren mit einem protoplasmatischen, dem Milchsafte sehr ähnlichen Inhalte versehen waren und zwar neben einzelnen Amylumkörnchen. Im Holzkörper zeigte sich keine Spur von Milchsaft.

Der Stengel von Convolvulus siculus Lin. (blühende Pflanze) zeigt eine ähnliche Epidermis wie C. tricolor; die Mittelrinde besteht im äusseren Theile aus kleineren, Chlorophyll führenden (R = T = 0,012 W. L.), im inneren Theile aus grösseren schlaffen rundlichen Zellen (R = 0,012; T = 0,024 W. L.). Eine besonders deutlich entwickelte Stärkeschicht trennt sie von der Innenrinde, welche aus

schmalen Siebröhrenbündeln besteht, die durch breite Parenchymreihen getrennt sind.

Der stark entwickelte Holzkörper besteht vorwaltend aus einem dichten Gewebe von dickwandigen Holzzellen, worin radiale Reihen, nicht weiter Spiroiden eingelagert sind. An der Markseite des Holzringes kommen von einander getrennte Siebröhrenbündel vor. Das Mark ist grossentheils resorbirt; die Residuen desselben bestehen aus grossen schlaffen Zellen.

Die Milchsaftorgane dieser Pflanze finden sich vorzüglich im äusseren Theile der Innenrinde, von Parenchym umgeben, und in der Mittelrinde zerstreut; doch trifft man auch einzelne milchsaftführende Siebröhren im inneren Theile der Innenrinde an. Dagegen konnte ich weder in den markständigen Siebröhrenbündeln, noch im Marke und Holze Milchsaft auffinden.

Die Milchsaftorgane sind hier theils Parenchym-Zellreihen, theils continurliche lange Röhren mit denselben Eigenschaften wie bei Convolvulus tricolor, was auch vom Milchsafte gilt. —

Im Stengel von Pharbitis hispida Chois. (blühende Pflanze) folgt auf die Epidermis zunächst eine einfache, rothen Farbstoff führende Zellschicht. Die Mittelrinde besteht im äusseren Theile aus einem 2—3 Zellen breiten, Chlorophyll führenden Collenchym, im inneren Theile aus mehreren Lagen cylindrischer, am Querschnitt tangential gestreckter Zellen, welche mit Amylum strotzend gefüllt sind. In diesem Gewebe finden sich einzelne eingestreute Milchsaftgefässe.

Eine nur schwierig als solche erkennbare Stärkeschicht, aus grossen cylindrischen, am Querschnitte tangential gestreckten Zellen gebildet, sowie ein nur stellenweise ausgebildeter Kreis enger dickwandiger Baströhren trennt die Mittelrinde von der Innenrinde, welch letztere eine nur geringe Breite besitzt und grösstentheils aus radial gereihten Siebgewebselementen zusammengesetzt ist.

Der Holzcylinder ist schmal und besteht aus nicht dickwandigen Holzfasern, welche im äusseren Theile vorwiegen und radial gereiht sind, und aus zahlreichen weiten, vorzüglich im inneren Theile des Holzkörpers vorkommenden Spiroiden. Markstrahlen fehlen. An der Markseite des Holzcylinders finden sich getrennte Siebgewebsbündel. Das Mark besteht auh grossen weiten, Amylum führenden Zellen und eingestreuten Milchgefässen.

Die Milchsaftorgane sind hier, sowie auch im (blühenden)

Stengel von Ipomaea coptica Roth., welcher im Ganzen einen ganz ähnlichen Bau besitzt, doch durch eine starke Schichte nicht dickwandiger Baströhren an der Grenze der primären und secundären Rinde sich unterscheidet — vorzüglich im Marke zu finden und im inneren Theile der Mittelrinde. In der Innenrinde scheinen sie zu fehlen, obwohl der protoplasmatische Inhalt einzelner Siebröhren hier, sowie im markständigen Telienchym, ein dem Milchsaft sehr ähnliches Aussehen und Verhalten zeigt, und auch einzelne Baströhren, zumal bei der zuletzt genannten Pflanze, mit einem gleichen Inhalt versehen sind.

Die Milchsaftorgane stellen bei beiden Pflanzen fast durchaus nur lange dünnwandige Röhren dar, seltener Schlauchreihen mit fast immer horizontalen Querwänden, wie denn sämmtliche Elemente eine auffallende Längsstreckung besitzen. Einzelne Milchgefässe, besonders im Marke, haben ganz das Aussehen der gleichen Organe der Asclepiadeen, d. h. sie sind bastartig. Ihr farbloser, homogener Inhalt, der durch Jod und Schwefelsäure eine gelbe Farbe annimmt, war nur spärlich vorhanden, obwohl der durchschnittene Stengel deutlich milchte. —

Der Milchsaft der untersuchten Convolvulaceen ist also bald in allen Gewebsschichten anzutreffen, wie in den unterirdischen Theilen von Convolvulus arvensis, Calystegia sepium, Ipomaea Turpethum, bald ist er nur auf gewisse Gewebsschichten beschränkt. So findet er sich im Stengel von Ipomaea coptica und von Pharbitis hispida nur im Marke und im innern Theil der Mittelrinde, im Stengel von Convolvulus siculus und in der Wurzel von Calystegia Soldanella nur in der Mittel- und Innenrinde, im Stengel von Convolvulus tricolor nur im inneren Theile der Mittelrinde.

Die Organe desselben sind bald vorwiegend Zell- und Schlauchreihen (Calystegia sepium, Calystegia Soldanella, Convolvulus arvensis, Ipomaea Turpethum), bald vorherrschend lange dünnwandige, vollkommen unverzweigte Röhren (Ipomaea coptica, Convolvulus tricolor, Pharbitis hispida). Letztere scheinen überhaupt in den oberirdischen gestreckten Stengeltheilen vorzuherrschen, während Zellreihen besonders in gestauchten Organen häufiger anzutreffen sind.

An die Milchsaftgefässe der Convolvulaceen dürften sich in Bezug auf Gestalt zunächst jene der Papaveraceen und Acerineen anreihen lassen.

Im Stengel von Argemone mexicana Lin. (blühende Pflanze)

findet man unter der Epidermis, deren Zellen eine durch Eisensalzlösungen schwarzblau, durch Kalilauge gelb, durch Chlorzinkjod braunroth sich färbende Flüssigkeit enthalten, zunächst eine ihr ähnliche Lage jedoch kleinerer Zellen, welche mit jenen der Epidermis wechseln; hierauf eine 2—3 Lagen starke Schicht kleiner rundlicher, Chlorophyll und Gerbmehl führender Zellen, endlich ein 3—4 Lagen starkes Parenchym aus grossen runden farblosen Zellen mit deutlicher Intercellularsubstanz (T = 0,009 W. L.; R = 0,012 W. L.). Die Innenrinde besteht im äusseren Theile aus einer starken Schicht am Querschnitte rundlicher Zellen, welche nach einwärts allmählich kleiner werden und blassgelbe, durch Chlorzinkjod sich goldgelb färbende Wände besitzen. In dieser Schicht sind abwechselnd stärkere und schwächere am Querschnitte nach aussen gewölbte Bündel dickwandiger Bastfasern eingeschlossen.

Auf ihrer Innenseite findet sich ein Gewebe dünnwandiger, nicht gereihter farbloser Zellen, worin zahlreiche weitere und engere, bald isolirte, bald gruppirte Milchsaftgefässe stehen, von denen einzelne bis an die Holzelemente anrücken.

Die Holzbündel, schwächer als die Bastbündel, bestehen vorwaltend aus weiten Spiroiden, welche häufig Milchsaft enthalten und durch wenige dünnwandige, Gerbstoff führende Parenchymzellen verbunden sind. Ein schmaler Streifen, ebenfalls Gerbstoff führender Cambiumzellen umgürtet und vereinigt die einzelnen Holzbündel, deren Markseite ein Gewebe aus ähnlichen Zellen enthält, wie die Bastregion. An manchen Gefässbündeln fehlt der eigentliche Holztheil. Das Mark ist ein schlaffes Gewebe, gebildet von dünnwandigen polygonalen bis 0,03 W. L. im Durchm. betragenden Zellen.

Die Milchgefässe kommen also im Stengel von Argemone mexicana bloss in der Innenrinde vor. Sie stellen lange, sehr dünnwandige farblose Röhren dar, welche meist sehr deutlich, besonders nach der Behandlung mit Jodalkohol einen den Milchsaft direkt umschliessenden Innenschlauch wahrnehmen lassen. Hie und da besitzen sie seitliche Fortsätze, kurze Aeste und quere Verbindungen; obwohl sie in der Regel ganz glatt und unverzweigt sind. Ihre Länge stimmt häufig mit jener der Baströhren überein (bis 0,5 W. L.), doch kommen auch viel längere vor; ihr Durchmesser variirt von 0,0018—0,006 W. L. Sie gehen deutlich aus der Verschmelzung von Längsreihen von Cambiumzellen hervor, wie ich denn auch hier deutliche Anzeichen gefunden zu

haben glaube, dass auch die Baströhren einen gleichen Ursprung besitzen. Der Milchsaft ist gerbstoffhaltig.

Der Stengel von Stylephorum cambricum Spr. (Herbarexemplar) zeigt einen ähnlichen Bau, wie Argemone mexicana. Die ganz ähnlichen Milchgefässe finden sich hier sowohl auf der Vorderseite der Holzbündel, von Siebgewebe umgeben, als auch auf deren Markseite und einzelne sogar mitten unter den Bastfasern.

Der Stengel von Eschscholtzia californica Chmss. zeigt unter der Epidermis, den Interstitien der Bastbündel entsprechend, ein kleinzelliges Chlorophyllgewebe, den Bastbündeln entsprechend ein ziemlich starkes Collenchym, das bis an die starken, nach aussen gewölbten Bastbündel reicht, deren Elemente sehr dickwandig sind. Zwischen den Collenchymsträngen findet sich ein schlaffes dünnwandiges Parenchym. Zwischen den Bastbündeln erstreckt sich bis ins Mark hinein, gleichsam weite Markstrahlen darstellend, ein Gewebe aus grossen derbwandigen cylindrischen, am Querschnitte runden Zellen. An der Innenseite der Bastbündel findet sich ein vollkommen abgeschlossenes, vorwaltend aus Siebröhren gebildetes Gewebe, worin einzelne Milchgefässe eingestreut vorkommen, leicht kenntlich an ihrem orangegelben Inhalt. Die Holzbündel sind sehr schwach entwickelt, fast nur aus einem nach aussen vorspringenden Halbkreise weiter Spiroiden und einem sie verbindenden dünnwandigen feinzelligen sparsamen Parenchym bestehend. Ihre Markseite nimmt ein Complex cylindrischer, am Querschnitt runder kleiner Zellen ein, welche ganz allmählich in die ziemlich derbwandigen porösen Zellen des Markes übergehen.

Die einfachen röhrenförmigen sehr dünnwandigen Milchsaftgefässe finden sich also bei dieser Pflanze bloss innerhalb der Bastbündel im Siebröhrengewebe. In den Elementen der Holzbündel konnte ich keine Spur von Milchsaft auffinden.

Ein jähriger Spross von Acer platanoides Lin. enthält unter der Epidermis mehrere Reihen Korkzellen mit 3—4 Reihen Korkmutterzellen; dann weiterhin eine starke Collenchymschicht, deren Zellen nach einwärts in Chlorophyllzellen übergehen. Die Innenrinde besteht aus starken, nach aussen gewölbten Bastbündeln, deren Fasern enge, farblos und vollkommen verdickt sind; die Bastbündel sind durch breitere und schmälere Fortsetzungen der Chlorophyll-Zellenschicht getrennt; ein ähnliches Gewebe, weite Milchsaftgefässe und zahlreiche Krystallfasern einschliessend, breitet sich auf der In-

nenseite der Bastbündel aus. Die übrige Innenrinde enthält radial gereihte Siebröhren mit einzelnen engen Milchsaftgefässen und 1- bis mehrzellige Markstrahlen. Eine starke Cambiumschicht trennt sie von dem dichten Holzkörper, dessen Grundmasse aus radial gereihten Holzzellen zusammengesetzt wird, worin meist radial gruppirte, ziemlich weite Spiroiden stehen. Die Markstrahlen sind 1- bis mehrzellig. Die Markseite des Holzkörpers nehmen am Querschnitte runde verholzte Zellen mit zahlreichen Spiralgefässen ein, von denen die meisten mit einer braunen durch Kalilauge sich gelb färbenden Masse gefüllt sind. Das Mark besteht aus grossen dünnwandigen porösen polygonalen Zellen. Eisensalzlösungen weisen in den Chlorophyllzellen, in den Milchsaftgefässen, in den meisten Zellen der Innenrinde und des Cambiums, endlich in den die Spiralgefässe umgebenden Zellen durch blaue Färbung ihres Inhalts, die Gegenwart von Gerbstoff nach.

Die durch Kalilauge isolirten Milchsaftgefässe sind dünnwandige Röhren, welche häufig mit blinden Enden in senkrechter Richtung an einander stossen und nur hie und da einen kurzen Copulationszweig abgeben. An den feineren, wie sie im inneren Theil der Innenrinde vorkommen, kann man auf das deutlichste ihre Entstehung aus Siebröhren nachweisen, ja sie stellen wohl hier grösstentheils Milchsaft führende Siebröhren dar.

Nach dem eben Mitgetheilten sind die Milchsaftgefässe von Acer platanoides auf die Innenrinde beschränkt. Im Holzkörper und im Marke kommt kein Milchsaft vor.

Sehr interessante Verhältnisse zeigen die Milchsaftgefässe der Asclepiadeen. — Der Stengel von Asclepias Cornuti DC. besitzt im oberen Theile unter der Epidermis eine starke Mittelrinde, gebildet von einem gleichförmigen Parenchym am Querschnitte rundlicher Zellen. Die Innenrinde enthält im äusseren Theile starke Bündel dickwandiger Bastzellen, getrennt durch breite, der Mittelrinde ähnliche Parenchymmassen, welche einwärts dem Bastbündel zu einer continuirlichen Schicht sich vereinigen und einzelne weitere Milchsaftgefässe umschliessen. Der übrige Theil der Innenrinde ist vorwaltend Siebgewebe mit zahlreichen feineren Milchsaftgefässen, in eine ziemlich starke Cambiumschicht übergehend. Der Holzkörper ist schmal und besteht vorwaltend aus Reihen nicht sehr weiter Spiroiden und 1 Zelle breiten Markstrahlen. An seiner Markseite breitet sich eine sehr starke Siebgewebsschicht aus, worin ein Kreis am Querschnitte kreisrunder, aus sehr zahlreichen meist engen Milchsaftge-

fässen und Siebröhren zusammengesetzter Stränge liegt. An beinahe jeden dieser Stränge schliesst sich nach einwärts ein weites Milchsaftgefäss an, das, wie der Längenschnitt und die Maceration lehrt, aus einer senkrechten Reihe meist kurzer und weiter Parenchymzellen zusammengesetzt wird. Das Mark ist ein weitzelliges Parenchym mit lufterfüllten Intercellulargängen.

Im unteren Theile des Stengels sind alle Elemente weiter; das Holz breit mit vorwaltenden radial gereihten Holzzellen und untergeordneten Spiroiden. Das Mark ist grösstentheils geschwunden. Die Milchsaftorgane sind hier also nur in der Innenrinde und an der Markseite des Holzkörpers zu finden; im Holzkörper selbst war nirgends Milchsaft nachweisbar.

Die Milchsaftgefässe stellen meist lange dünne cylindrische Röhren dar mit deutlich auffindbaren äusserst fein ausgezogenen Enden und zarten hyalinen Wänden. In den Stengelknoten zeigen sie reichliche, in den Internodien nur seltene Bifurcationen, stellenweise Verengungen und allmähliche Erweiterungen, kurze seitliche Vorsprünge und längere, zuweilen gegen einander wachsende Aeste. Sie sind stets von Siebröhren begleitet, welche sehr lange Glieder besitzen; nach der Maceration durch Kochen in Kalilauge ist ihre Aussenmembran ganz oder stellenweise verschwunden und nur der feine strangartige hyaline, an die meist horinzontalen fein durchbrochenen Siebplatten sich anheftende und hier erweiterte Innenschlauch vorhanden.

Der Stengel von Asclepias currassavica Lin. (blühende Pflanze) zeigt am Querschnitte, auf die Oberhaut folgend, eine aus etwa 8 Zellreihen bestehende Mittelrinde, wovon die äusserste einen rothen Saft, die übrigen Blattgrün mit Amylum führen. In eingestreuten Zellen kommen Krystalldrusen vor. Die Innenrinde, mehr als doppelt so breit als die Mittelrinde, enthält im äussersten Theile rundliche starke Complexe dickwandiger Bastfasern, welche durch ein in die Mittelrinde übergehendes, wie jene, Chlorophyll und Amylum führendes Parenchym getrennt werden. An der Innenseite der Bastbündel findet sich eine Schichte etwas tangential gestreckter, ebenfalls Chlorophyll und Amylum oder letzteres allein und hie und da Krystalldrusen führender Zellen. Der übrige Theil der Innenrinde besteht aus Siebgewebe.

Das Holz ist ein dichtgeschlossener Cylinder, fast $1^1/_2$ mal breiter als die Innenrinde, der aus Holzzellen, Spiroiden und 1 Zelle breiten Markstrahlen zusammengesetzt wird. An seiner Markseite

findet sich ein ähnlicher Kreis dicht stehender, den Bastbündeln entsprechender Siebgewebsstränge wie bei Asclepias Cornuti, doch sind sie hier meist durch bloss eine Zelle breite Parenchymreihen von einander getrennt. Das Mark ist ein weitzelliges, Amylum führendes Parenchym.

Die Milchsaftorgane kommen bei Asclepias currassavica in der Mittel- und Innenrinde, sowie im Marke reichlich vor. Die zahlreichsten, aber feinsten, finden sich im Siebgewebe der Innenrinde und in den markständigen Siebgewebssträngen; die weitesten im Marke. Jedes dieser Bündel ist auf seiner Markseite abgeschlossen durch mehrere senkrechte Reihen kurzer weiter Parenchymzellen, die strotzend mit Milchsaft gefüllt sind, so dass hier so zu sagen das Hauptdepot dieses Stoffes zu suchen ist. Bei näherer Untersuchung dieser Zellreihen hier, sowie der einfachen von Asclepias Cornuti, findet man deutliche Spuren einer Fusion derselben zu kurzen und selbst stellenweise zu längeren Röhren, und da ich auch in den weiten Milchsaftgefässen der Mittelrinde und des Markes von A. currassavica hie und da eine Querscheidewand fand, so zweifle ich nicht, dass die Milchsaftgefässe dieser Gewebstheile aus diesen oder ähnlichen Parenchymzellreihen hervorgehen. Die Milchsaftgefässe von A. currassavica sind lange, beiderseits spitz endende röhrenförmige, sehr dünnwandige Schläuche. Meist sind sie einfach, ihre Wandung vollkommen glatt, an manchen Stellen, wie regelmässig in den Stengelknoten, zeigen sie einfache Astbildung. Zuweilen sieht man ihre Aeste mit benachbarten anastomosiren (Mittelrinde).

Zu ihrer Isolirung eignet sich sehr verdünnte Salzsäure besser, als verdünnte Kalilauge, da erstere den Milchsaft coagulirt. letztere ihn dagegen grösstentheils löst, wodurch die allein zurückbleibenden leeren durchsichtigen Schläuche sich leicht dem Auge entziehen. Am deutlichsten sieht man sie, wenn man die durch Kochen in Salzsäure macerirten Theile in Jodglycerin bringt und mit der Nadel zerlegt. Der Milchsaft wird hierdurch goldgelb oder braungelb gefärbt und erscheint in kurzen cylindrischen Stücken coagulirt; durch Jod und Schwefelsäure färben sich die hyalinen Wände schön blau. In den Bastfasern findet man nach diesem Verfahren stets einen centralen Strang feinkörniger goldgelber Masse, die offenbar mit dem Milchsafte nichts zu thun hat, da dieser hiebei vollkommen homogen wird.

Die Siebröhren von A. currassavica bieten ein ähnliches Aus-

sehen dar, wie jene von A. Cornuti. Mitten unter ihnen trifft man bei sorgsamer Untersuchung hie und da neben den Milchsaftgefässen lange, mit Milchsaft gefüllte Röhren an von der Weite der Siebröhren, an denen mehr weniger deutlich noch die Scheidewände sichtbar sind, so dass es mir zweifellos zu sein scheint, dass die Milchsaftgefässe der Innenrinde und des markständigen Telienchyms den Siebröhren ihren Ursprung verdanken.

Im blühenden Stengel von Gomphocarpus angustifolius Link, welcher einen ähnlichen Bau besitzt, wie Asclepias currassavica, stehen auf allen Seiten der starken Bastbündel, oft knapp sich an dieselben anschliessend oder mitten darin Milchsaftgefässe vom Durchmesser der Bastfasern (0,006 W. L.), ausserdem finden sich einzelne derartige Organe sowohl im Rinden- als im markständigen Siebgewebe, sowie im Marke selbst. Zahlreiche Holzelemente führen Milchsaft.

Durch Maceration in verdünnter Schwefelsäure isolirt erscheinen die Milchsaftgefässe als cylindrische etwas wellige meist ziemlich derbwandige Schläuche von 0,0048—0,012 im Durchmesser. Ihre Länge bestimmte ich bei einzelnen auf 1,4—1,8 W. L. Gegen ihre Enden zu verschmälern sie sich allmählich, zeigen ziemlich häufige Bifurcationen und unter rechtem Winkel abgehende blinde, oft gablige Aeste. Im Marke sind sie oft so dickwandig, wie die Milchsaftgefässe gewisser Euphorbieen. Häufig verlaufen sie dicht an Spiralgefässen und Bastfasern, welche letztere hier ausserordentlich schön rosenkranzförmig und mitunter in sehr lange unmessbar feine Enden ausgezogen sind. Eine Communication derselben mit Holzelementen war mir jedoch eben so wenig hier, wie bei den übrigen Asclepiadeen zu finden möglich.

Im Marke waren die Milchsaftgefässe sehr reich an Stärkemehl. —

Der abgeblühte Stengel von Euphorbia Lathyris Lin. besitzt unter der mit rothem Farbstoff gefüllten Epidermis eine aus 5—6 Zelllagen bestehende Mittelrinde. Die Zellen derselben sind kurzcylindrisch, am Querschnitte tangential gestreckt (T = 0,02, R = L = 0,018 W. L.), Chlorophyll führend, im äusseren Theile collenchymähnlich, in inneren Theile mit luftführenden Zwischen-Zellräumen, dünnwandig. Im ersteren finden sich einzelne Milchsaftgefässe eingestreut.

Ein unterbrochener Kreis, am Querschnitte tangential gestreckter Bündel nicht sehr dickwandiger, wandfaltiger Baströhren, zwischen

denen meist kleine Gruppen weiter und engerer Milchsaftgefässe stehen (T = 0,015; R = 0,009; — T = 0,036; R = 0,018 W. L.), trennt die Mittelrinde von der Innenrinde. Diese letztere, eben so breit wie die erstere, enthält einwärts der Bastbündel ein tangential gestrecktes Parenchym, im inneren Theile dagegen ein undeutlich radial gereihtes Siebgewebe mit protoplasmatischem Inhalte.

Der Holzkörper nimmt den grössten Theil des Stengels ein und besteht der Grundmasse nach aus nicht dickwandigen Holzzellen, welche durch 1—2 Zellen breite Markstrahlen in schmale Holzkeile abgetheilt sind, in denen zu 2 bis mehrere gruppirte weitere und engere Spiroiden (0,006—0,018 W. L. im Durchm.) stehen. In einzelnen der letzteren, sowie hie und da in Holzzellen, trifft man Milchsaft an. Das grosszellige Mark ist grossentheils resorbirt.

In der Wurzel sind die Holzzellen und Spiroiden ungleich weiter, erstere auch dünnwandiger als im Stengel; ein Markkörper fehlt; die Elemente der Innenrinde sind bedeutend weiter, die Siebzellen radial gereiht und durch 1 Zelle breite Markstrahlen unterbrochen; der äussere Theil der Innenrinde ist ein lockeres, grosszelliges Parenchym, das ohne Grenzen in das ähnliche Gewebe der Mittelrinde übergeht. Ein starkes braunes mehrschichtiges Periderm schliesst diese nach aussen ab. Nirgends in der Wurzel fand sich eine Spur von Amylum; Milchsaft war spärlich in vereinzelten Elementen der Innenrinde, häufig dagegen in den Holzelementen zu finden.

Die Milchsaftgefässe von Euphorbia Lathyris sind gerade cylindrische dünnwandige Röhren ohne absehbares Ende; sehr selten trifft man im Stengel, häufiger im oberen Theile der Wurzel, sehr reichlich jedoch in der Fruchtschale dichotomische Verästelung; im letzteren Pflanzentheile sind diese Gefässe sogar sehr ästig und verlieren sich mit sehr feinen Enden im lockeren Parenchym.

Bringt man die durch Kochen in verdünnter Kalilauge isolirten Milchsaftgefässe des Stengels von E. Lathyris in Jodglycerin, so zeigt der Milchsaft unter dem Mikroskop das Aussehen einer feingranulirten grauen zähen Flüssigkeit, in welcher einzelne oder stellenweise gehäufte eigenthümliche Stärkekörperchen liegen. Dieselben sind bald kürzer oder länger, gerade stäbchenförmig, oder gekrümmt, wurmförmig, einerseits oder beiderseits mit kopf- oder keulenförmig angeschwollenem Ende, zuweilen schneckenförmig eingerollt. Sie liegen bald parallel der Längenachse des Milchsaftgefässes, bald kreuzen sie dieselbe; an manchen Stellen sind sie so gehäuft, dass

sie das Lumen desselben auf eine längere oder kürzere Ausdehnung hin, fast vollkommen verstopfen.

Man trifft dieselben Körperchen, welche durch Jod eine schöne violette Farbe annehmen und bei einem ungefähren Breitendurchmesser von 0,0018 W. L. eine Länge von 0,009 W. L. und darüber besitzen, auch im frisch ausgeflossenen Milchsafte. In gleicher Art habe ich sie bei keiner der untersuchten Euphorbieen wieder gefunden.

Der Stengel von Euphorbia Wulfenii Hoppe (aus Dalmatien) zeigt am Querschnitte unter der Gerbstoff führenden Oberhaut 2—3 Lagen ebenfalls Gerbstoff führender Collenchymzellen, weiterhin mehrere Lagen am Querschnitte rundlicher etwas tangential gestreckter Zellen mit zum Theile luftführenden Intercellularräumen. Ein Kreis tangential gestreckter, aus dickwandigen Elementen zusammengesetzter Bastbündel, welche durch tangential gestrecktes Parenchym verbunden sind, eröffnet das Gewebe der Innenrinde, welche im übrigen Theile fast durchaus aus sehr engzelligem Siebgewebe besteht.

Rings um die Bastbündel oder auch mitten zwischen den Bastfasern derselben, stehen zahlreiche weite Milchsaftgefässe von T = 0,012—0,018; R = 0,006—0,009 W. L. Durchmesser.

Der Holzkörper hat einen mit jenem von E. Lathyris übereinstimmenden Bau.

Ganz ähnlich wie E. Wulfenii verhält sich Euphorbia portlandica Lin. (aus England); in den Epidermiszellen und in meist gruppenweise vereinigten Zellen der Mittelrinde findet sich ein durch Eisenvitriol schwarzblau, durch Kalilauge braungelb sich färbender Inhaltsklumpen (Gerbstoff). —

Die Milchsaftgefässe der beiden zuletzt genannten Wolfsmilcharten stimmen mit jenen von E. Lathyris überein, doch besitzen sie im Allgemeinen eine stärkere Wandung, die selbst hie und da an Dicke jenen der Bastfasern gleichkommt; auch findet man an ihnen ausser ziemlich häufigen Bifurcationen hie und da einen queren Verbindungsast. Bei E. portlandica verlaufen dicht unter der Oberhaut, den Interstitien ihrer Zellen entsprechend, Milchsaftgefäss-Stämme, welche ungleich schwächer sind, als jene der Innenrinde, aber zahlreiche Aeste abgeben, welche unter rechtem Winkel entspringend in die nächsten Interstitien dringen, daselbst einen den Hauptstämmen parallelen Verlauf annehmen und ebenso wie diese

immer feinere Aeste abgeben, die sich selbst wieder wie sie verhalten.

Hie und da findet sich an der Vereinigungsstelle mehrerer Aeste oder Stämme eine Erweiterung, eine Art Cisterne, wie ich sie ähnlich auch bei Asclepiadeen angetroffen habe.

Im Milchsafte, der sich in Kalilauge als graue körnige Masse darbot, konnte ich die Gegenwart von Amylum nicht nachweisen.

Einen im Allgemeinen der E. Wulfenii entsprechenden Bau zeigt der Stengel von Euphorbia Characias Lin. (England, getrocknet). In der Mittelrinde finden sich jedoch zahlreiche Milchsaftgefässe; Bündel dickwandiger Bastfasern fehlen, statt ihrer nimmt den äusseren Theil der Innenrinde eine aus 3—4 Kreisen von Milchsaftgefässen, die durch spärliches engzelliges Gewebe verbunden sind, gebildete Schicht ein.

Die Milchsaftgefässe, ganz in der Art wie in E. Wulfenii und portlandica, sind häufig ziemlich dickwandig und kommen auch im Markkörper eingestreut vor. Sie haben einen Durchmesser von T = 0,018—0,024; R = 0,015 W. R. —

Die Mittelrinde im Stengel von Euphorbia prunifolia Jacq. (blühende Pflanze) besteht im äusseren Theile aus einem 2—3 Zellen breiten Collenchym, im inneren Theile aus rundlichen kurzcylindrischen, mit Amylum strotzend gefüllten Zellen und enthält Milchsaftgefässe eingestreut. Die Innenrinde wird innerhalb der tangential gestreckten, durch Parenchym getrennten Bastbündel aus den Holzbündeln entsprechendem Siebgewebe und dazwischen gelagertem Parenchym zusammengesetzt. Im ersteren finden sich einzelne engere Milchgefässe, im letzteren verläuft jedem Markstrahl entsprechend ganz nahe am Holzkörper ein weites Milchsaftgefäss.

Das Holz besteht aus radialen Reihen von Spiroiden, die von wenigen Holzfasern umgeben und durch eine Art Markstrahlgewebe verbunden sind, dessen senkrecht gestreckte verholzte Zellen nach einwärts zu allmählich weiter werdend, in das Mark übergehen.

Die Milchsaftgefässe finden sich hier also in der Mittelrinde, und hier vorzüglich im inneren Theile derselben an der Aussenseite der Bastbündel; ferner in der Innenrinde inmitten des Siebgewebes und in jedem Markstrahl der ersteren ein besonderes weites dickwandiges, von welchem aus zahlreiche, den Intercellulargängen folgende und sich allmählich verfeinernde Aeste entspringen, ohne jedoch in den Holzkörper einzudringen, in welchem überhaupt keine Spur von

Milchsaft aufgefunden werden konnte. Das Mark enthält keine Milchsaftorgane.

Die Wurzel von Euphorbia Gerardiana Jacq. (blühende Pflanze von der Türkenschanze) besitzt ein starkes, die ganze Mittelrinde abgliederndes Periderm. Unter ihm folgt sogleich die Innenrinde, welche zu äusserst einen Kreis kleiner Bastbündel, im übrigen Theile radial gereihte feine Siebröhren und Siebparenchym enthält, welches Gewebe allmählich in das stark entwickelte Cambium übergeht. Reichliche vereinzelte weitere und engere Milchsaftgefässe, sowie einzelne Bastfasern durchsetzen das Gewebe der Innenrinde.

Der Holzkörper besteht aus radial gereihten Spiroidengruppen, welche von dickwandigen Holzzellen umgeben und zu fast ununterbrochenen Bändern verbunden sind; das ganze ist in eine Grundmasse eingetragen, welche aus dünnwandigen langgestreckten Zellen zusammengesetzt wird.

Die Milchsaftgefässe sind dünnwandig, bis 0,012 W. L. weit und haben nicht sehr häufige, mitunter aber äusserst feine Aeste. Einzelne treten ganz nahe an die kaum entstandenen Spiroiden im Cambium heran, ohne dass irgend eine Spur einer gegenseitigen Einmündung aufzufinden wäre.

Im Milchsafte finden sich hie und da rundliche Stärkekörnchen, die reichlich in allen Parenchymzellen der Wurzel enthalten sind.

Der Stengel derselben Wolfsmilchart zeigt einen ähnlichen Bau wie die Wurzel, doch ist die Mittelrinde stark entwickelt, zahlreiche Milchsaftgefässe enthaltend. Zwischen den starken tangential gestreckten Bastbündeln stehen weite, im übrigen Theile der Innenrinde nur spärliche feinere Milchsaftgefässe. Das Holz ist geschlossen, dicht, und enthält radiale Reihen von Holzzellen, im inneren Theile mit engen Spiroiden, durch 1 Zelle breite Markstrahlen in regelmässige Holzkeile abgetheilt.

Ein dünnes Aststück eines Herbariumexemplars von Hippomane Mancinella Lin. zeigte unter dem mehrreihigen braunen Periderm eine sehr breite Mittelrinde, ein Amylum führendes Parenchym mit eingelagerten zahlreichen Längsreihen Gerbstoffzellen, einzelnen Milchsaftgefässen und häufigen Krystallzellen (Krystalle rhomboëderähnlich). Die verhältnissmässig schwach entwickelte Innenrinde enthielt im äusseren Theile starke Bastbündel mit sehr dickwandigen engen Bastfasern, eine fast ununterbrochene Schicht bildend, aussen und seitlich von zahlreichen Milchsaftgefässen umgeben.

Die übrige Innenrinde bestand aus Sieb- und Markstrahlgewebe mit einzelnen Gerbstoffzellen und engeren Milchsaftgefässen.

Der schmale dichte Holzcylinder, vorherrschend aus dickwandigen Holzzellen mit spärlichen Spiroiden und 1 Zelle breiten Markstrahlen zusammengesetzt, zeigte an seiner Markseite einzelne oder gruppirte Gerbstoffzellen, aber keine Milchsaftgefässe, die auch in dem weiten, aus grossen porösen gelben Zellen zusammengesetzten Marke fehlten.

Die isolirten Milchsaftgefässe von Hippomane sind cylindrisch, mit sehr seltener Zweigbildung, ziemlich dickwandig, im Durchmesser von 0,012 W. L. bis auf 0,003 W. L. herabsinkend.

Die Milchsaftgefässe von Hura crepitans Lin. haben die grösste Aehnlichkeit mit jenen der fleischigen Euphorbien, sie sind dickwandig, ihre Wand erscheint nach der Behandlung mit Kalilauge geschichtet; sie zeigen häufige Bifurcationen, ihre Aeste sind bald kurz, häufig am Ende kolbig angeschwollen, bald lang. Ihr Inhalt führt sehr reichlich Amylum. —

Die Milchsaftorgane der Euphorbiaceen gehören, wie die mitgetheilten Untersuchungen zeigen, zu den einfach verzweigten Milchsaftgefässen. Sie treten überall sowohl in der Mittel- als Innenrinde auf, doch ist unverkennbar die Region um die Bündel dickwandiger Bastfasern herum ihr Hauptstandort. Hier erreichen sie auch ihre grössten Dimensionen und vertreten sogar zuweilen die fehlenden Bastfasern (Euphorbia Characias).

Im Markkörper fand ich Milchsaftgefässe mit Sicherheit nur bei E. Characias (von den untersuchten Arten), während sie bei den fleischigen Wolfsmilcharten daselbst sehr reichlich angetroffen werden. In den Elementen des Holzkörpers fand sich häufig Milchsaft vor, doch konnte eine Einmündung von Milchgefässen in die erstgenannten Gewebselemente nirgends beobachtet werden. —

Am nächsten verwandt den Milchsaftgefässen der Euphorbiaceen sind jene der Moreen. —

Morus nigra Lin. (2 ‴ dicker Ast, im August) zeigt unter dem mehrschichtigen Korke mehrere Lagen eines Chlorophyll und Gerbmehl führenden Collenchymgewebes (R = 0,004, T = 0,009 W. L.), dann ein Parenchym aus grossen rundlichen Zellen im äusseren Theile mit Intercellularsubstanz, im inneren mit lufterfüllten Interstitien (R = T = 0,012—0,018 W. L. oder R = L = 0,018; T = 0,026 W. L.). Darauf folgt ein fast zusammenhängender Kreis sehr dickwandiger rundlicher Steinzellen (R = T = 0,012—0,018; L = 0,018—0,024 W. L.) mit Krystallzellen, dann ein breites Parenchym, ähnlich jenem

an der Aussenseite des Steinzellenringes, meist Gerbmehl führend mit zahlreichen Milchsaftgefässen von der Weite der umgebenden Zellen.

Die Innenrinde besitzt zu äusserst Bündel dickwandiger wandfaltiger, durch Chlorzinkjod weinroth bis violett sich färbender Bastfasern (T = 0,006, R = 0,004 W. L.), welche einen beinahe geschlossenen Kreis bilden und auf ihrer Innenseite von Siebröhren und einzelnen Krystallzellen begleitet werden. Weiter nach einwärts folgt eine 2—3 Lagen mächtige Schicht tangential gestreckter, Amylum führender Parenchymzellen (R = 0,005; T = 0,009 W. L.); der innere Theil der Innenrinde besteht aus am Querschnitte viereckigen Feldern von Siebgewebe mit tangentialen Reihen dickwandiger Bastfasern oder mit eingestreuten Bastfasern und Milchsaftgefässen, — und 1—2 Zellen breiten, Stärkmehl führenden Markstrahlen, welche letztere nach aussen in das Amylumparenchym übergehen. Alle Elemente sind hier radial gereiht und gehen in eine 5—6 Zellen breite Cambialschicht über, an der noch, jedem Baststrahl entsprechend, 2—3 weitere Milchsaftgefässe stehen.

Das Holz besteht seiner Grundmasse nach aus Holzzellen, aus Holzparenchym in falschen Jahrringen, sehr weiten und engeren gruppirten Spiroiden und 1—2 Zellen breiten, Amylum führenden Markstrahlen. Das Mark enthält sehr weite poröse inhaltslose polygonale Zellen (0,048 W. L. im Durchm.).

Die Milchsaftorgane kommen in Morus nigra also vor: a) in der Mittelrinde zwischen dem Steinzellen- und Bastringe häufig; b) in der Innenrinde zwischen dem letzteren und dem Holze von Siebgewebe umgeben, mit Bastfasern wechselnd oder sie ersetzend. Weder im Holze noch im Marke fand sich Milchsaft vor.

Durch Kalilauge isolirt erscheinen die Milchsaftgefässe als sehr lange, äusserst dünnwandige Röhren mit ungleichem, stellenweise verengtem und erweitertem Lumen und ohne absehbare Enden. Sie zeigen häufige Bifurcationen und zumal in dem Stengelknoten verschieden lange blinde Aeste. Ihr Durchmesser schwankt von 0,006—0,018 W. L. Der Milchsaft erscheint farblos, grobkörnig, voll Oeltropfen.

Ein 2jähriger Ast von Broussonetia papyrifera Vent. (September) enthält unter der Oberhaut 3 Lagen Korkzellen, dann eine Schicht cylindrischer Chlorophyllzellen, welcher ein starkes Parenchym mit eingestreuten Krystallzellen (Drusen) und ziemlich derbwandigen Milchsaftgefässen folgt.

Die Innenrinde, 1/3 der Mittelrinde betragend, besteht aussen aus relativ starken Bündeln nicht sehr dickwandiger Bastfasern, innen aus Siebgewebe, das in eine Cambialschicht übergeht, und von schmalen Markstrahlen mit luftführenden Interstitien und eingestreuten Krystallzellen durchschnitten ist. Im Siebgewebe bis knapp ans Cambium stehen die meisten Milchsaftgefässe; einzelne derselben trifft man auch mitten zwischen den Bastfasern an.

Das Holz enthält radial gereihte Holzfasern und Amylum führendes Holzparenchym mit weiten Spiroiden, von denen zahlreiche Milchsaft enthalten. Einwärts wird der Holzkörper von einem Gewebe kurz cylindrischer poröser verholzter, Amylum führender Zellen abgeschlossen, worin vereinzelte Milchsaftgefässe stehen.

Das Mark besteht aus dünnwandigen polygonalen luftführenden Zellen mit einzelnen Krystallzellen.

Bei Broussonetia papyrifera kommen also Milchsaftgefässe in der Mittelrinde, am häufigsten im Siebgewebe der Innenrinde, und vereinzelt selbst an der Markseite des Holzkörpers vor.

Ganz ähnlich vertheilt fanden sich die Milchsaftgefässe von Ficus Carica Lin.

Bei Ficus bengalensis Lin. findet sich unter dem starken Periderm eine Steinzellenschicht und dann erst die eigentliche Mittelrinde, ein Parenchym aus tangential gestreckten Zellen, welche Gerbmehl enthalten, und mit eingestreuten Milchsaftgefässen. Die Innenrinde enthält im äusseren Theile kleine Bündel von 8—30 engen vollkommen verdickten glasigen Bastfasern, welche durch Gerbstoffparenchym getrennt sind, das sich in die Markstrahlen der Innenrinde fortsetzt. Zwischen den letztern finden sich wechselnde Schichten von Siebröhren und Bastfasern mit deutlichem Lumen mit Parenchym und Milchsaftgefässen, die auch um die Bastbündel zerstreut stehen.

Eine nicht starke Cambiallage trennt die Innenrinde vom Holzkörper, welcher radial geordnete Holzfasern, Holzparenchym, weite gruppirte Spiroiden und 1 Zelle breite, Gerbmehl führende Markstrahlen enthält.

Das Mark ist ein ähnliches Parenchym wie die Mittelrinde und enthält wie diese reichliche Gerbmehl- und Krystallzellen. In ihm stehen die stärksten und meisten Milchsaftgefässe. Ganz ähnlich verhält sich Ficus stipulata Thbg.

Soweit die untersuchten Pflanzen einen Schluss gestatten, zeigen also die Milchsaftorgane der Moreen eine ähnliche Vertheilung wie

jene der Euphorbiaceen. Sie kommen theils in der Mittel-, theils in der Innenrinde vor; im äusseren Theile der letztern, an der Innenseite der Bastbündel sind sie am reichlichsten. In der Mittelrinde scheinen sie nicht so weit peripherisch vorzudringen, wie bei den wolfsmilchartigen. Wo sie im Marke vorkommen (Ficus bengalensis, stipulata) erreichen sie die höchste Entwicklung daselbst. —

Ich gehe nun zur Darstellung des Baues einiger Pflanzen über, bei denen die Milchsaftgefässe durch reichliche Anastomosenbildung und durch die Vereinigung zu geschlossenen netzförmigen Systemen ausgezeichnet sind, derartige netzförmige Milchsaftgefässe besitzen die Lobeliaceen, Campanulaceen und Cichoriaceen.

Der Stengel von Lobelia urens Lin. (blühende Pflanze aus England) zeigt am Querschnitte unter der Oberhaut zunächst eine ziemlich starke Chlorophyllschicht, dann ein Parenchym aus derbwandigen tangential gestreckten Zellen ohne Milchsaftgefässe. Eine einfache Schicht stark tangential gestreckter Zellen (Stärkeschicht) trennt die Mittelrinde von der Innenrinde, welche vorwaltend aus Siebröhren und wenig Parenchym besteht, und im inneren Theile, oft ganz nahe am Holzkörper, einzelne Milchsaftgefässe enthält.

Der Holzkörper ist stark, dicht, etwa $2^1/_2$- bis 3mal breiter als die Rinde, und zeigt radial gereihte, dickwandige, durch 1 Zelle breite Markstrahlen in meist 3 Zellen breite Holzkeile abgetheilte Holzfasern mit spärlichen Spiroiden.

Das Mark ist grösstentheils resorbirt.

Im Stengel von Lobelia fulgens Willd. (blühende Pflanze) folgt unter der Oberhaut eine starke Mittelrinde, welche im äusseren Theile ein dichteres Chlorophyll mit Amylum führendes, im inneren Theile ein lockeres lückiges Gewebe darstellt. Die Innenrinde, $^1/_3$ der Mittelrinde, von letzterer durch eine undeutlich hervortretende Stärkeschicht getrennt, besteht fast ausschliesslich aus Siebgewebe mit 1—3 Zellen breiten Markstrahlen. Im innersten Theile des ersteren, ganz nahe am Holzkörper findet sich ein Kreis zu kleinen Gruppen gestellter feiner Milchsaftgefässe.

Der Holzkörper ist locker, enthält fast radial gereihte nicht sehr dickwandige Holzzellen und nicht weite Spiroiden mit undeutlichen Markstrahlen. Die Elemente desselben gehen einwärts allmählich in das weitzellige schlaffe Mark über.

Weder im Marke noch in der Mittelrinde finden sich hier, eben so wenig wie bei Lobelia urens, Milchsaftgefässe. Im Holzkörper wurde kein Milchsaft gefunden. Die Milchsaftorgane sind also bloss

auf den innersten Theil der Innenrinde beschränkt. Durch Kalilauge isolirt, stellen sich dieselben als gerade oder etwas schlängelige sehr dünnwandige Röhren dar von 0,0018—0,0048 W. L. Durchmesser mit sehr zahlreichen Copulationszweigen und stellenweise reichlicher Verzweigung in tangentialer Richtung. Oft zeigen sie noch eine deutliche Gliederung, entsprechend den Cambiumzellen, aus deren Verschmelzung sie hervorgegangen sind. Aestige und häufige kurze seitliche Protuberanzen zeigend, sind die Milchsaftgefässe von L. urens, die sich dadurch jenen der Campanulaceen nähern.

In den Nebenwurzeln von Campanula Trachelium Lin. findet man eine nur schmale Rinde, welche einen Kern umschliesst, der wesentlich aus einem nicht verholzten Gewebe besteht, zusammengesetzt aus radialen Reihen cylindrischer, am Querschnitte runder oder elliptischer Zellen; in dieses Grundgewebe eingeschlossen erscheinen wenige Holzbündel, welche am Cambiumringe aus wenigen Spiroiden bestehen, denen in weiten Abständen in der Richtung gegen das Centrum andere Spiroiden folgen. Die vordersten Spiralgefässe sind von einem nicht verholzten Parenchym begleitet; das Centrum wird von einigen Spiroiden ausgefüllt.

Ein nur wenige Zelllagen besitzendes Cambium umschliesst zunächst den Kern. Nach aussen folgt dann eine nur schwach entwickelte, vorherrschend aus sehr feinen Siebröhren gebildete Innenrinde, welche ohne Grenze in die nur wenige Zellreihen breite Mittelrinde, ein aus cylindrischen, am Querschnitte tangential gestreckten Zellen zusammengesetztes Parenchym, übergeht. Ein schwaches braunzelliges Periderm bildet die äusserste Umhüllung.

In der Hauptwurzel ist der Bau des Kernes ein ähnlicher, nur findet sich hier eine aus verholzten Parenchymzellen bestehende, Spiroiden einschliessende Holzröhre entwickelt. Das Centrum ist resorbirt.

Die Innenrinde besteht aus in tangentialer Richtung wechselnden Lagen von Parenchym und Siebröhren, welche selbst wieder in radialer Richtung von Markstrahlen durchsetzt werden.

Die Mittel- und Aussenrinde zeigt eine ähnliche Struktur wie in den Nebenwurzeln, natürlich mit stärkerer Entwicklung.

Die Zellwände sind mit Ausnahme der Peridermzellen farblos; unter Wasser betrachtet stark aufgequollen und namentlich in der Mittelrinde eine deutliche, stellenweise ausserordentlich entwickelte Intercellularsubstanz zeigend. Erwärmt man dünne Schnitte in Was-

ser, so löst sich diese Intercellularsubstanz und zum Theile auch die äusserste Zellhautschicht auf; noch leichter geschieht dieses in verdünnten Säuren (selbst organischen) und Alkalien. Nach der Behandlung mit letzteren färbt sich die Zellwand durch Jod und Schwefelsäure blau (die verholzten Theile gelb).

Durch Kochen im Wasser, in verdünnten Säuren und in Alkalien lassen sich daher die Elementarorgane der Wurzel sehr leicht isoliren, wobei man sich deutlich überzeugen kann, dass hier die Intercellularsubstanz durch die primären Zellmembranen gebildet, resp. dargestellt werde, ganz in derselben Art, wie ich dieses für die Wurzel des Löwenzahns (l. c. pag. 9) gezeigt habe. In gleicher Art, wie dort, haben wir es auch hier mit einer Pectinmetamorphose der Zellwand zu thun.

Als Inhalt aller Zellen, wenn wir vom Milchsaft, vom Periderm und von den verholzten Elementen absehen, tritt in der frischen Wurzel eine farblose feinkörnige Flüssigkeit auf.

Betrachtet man dünne Schnitte aus der getrockneten Wurzel unter Oel, so findet man in den Zellen eine weisse homogene klumpige Masse. Zusatz von Eisensalzlösungen bewirkt eine Lösung derselben ohne jedwede Färbung, nur spärliche Mollecularkörnchen bleiben in jeder Zelle zurück. Unter Alkohol erscheint der Inhalt im ersten Momente als ein homogener weisser Klumpen, später zerfällt dieser unter Vacuolenbildung; lässt man nun einen Tropfen Wasser unter das Deckglas eintreten, so verschwindet der Inhalt spurlos. In den Zellen, welche die Hauptmasse des Holzkerns bilden, sowie auch hie und da in den Zellen der Markstrahlen und der Mittelrinde, ja in den Nebenwurzeln in allen, selbst in den Prosenchymzellen der Innenrinde bleibt hierbei in jeder Zelle ein Körper zurück, der sogleich durch seine sonderbare Gestalt auffällt. Es ist ein kugliger Zellkern, dem seitlich ein stäbchenförmiges Gebilde angeheftet ist. Im ersten Augenblicke der Wassereinwirkung erscheinen beide opak; ersterer einem Oeltropfen gleichend; bald jedoch löst sich die Mitte desselben unter Vacuolenbildung auf und lässt ein deutlich und scharf begrenztes Bläschen zurück, welches dem unverändert gebliebenen Stäbchen meist in dessen Mitte aufsitzt (Fig. 6 u. 7). Dieses Stäbchen ist bald vollkommen gerade, beiderseits zugespitzt, spindelförmig, oft von der halben Länge der Zelle, oft nur kurz, beiderseits stumpf, bald ist es halbmondförmig gebogen.

Jodsolution färbt Bläschen und Stäbchen, sowie spärliche

körnig-flockige Reste in den Zellen schön gelb. Chlorzinkjod lässt in jeder Zelle einen feinen protoplasmatischen Wandbeleg, sowie vom Zellkerne und Stäbchen ausgehende, äusserst feine Fäden erkennen.

Wendet man auf dünne Längsschnitte die Trommer'sche Zuckerprobe an, so findet man in allen Zellen rothe Körnchen; die Zellkerne sind bläschenförmig ausgedehnt und umschliessen einige wenige orangenrothe Körnchen, die Stäbchen sind grösstentheils spurlos verschwunden.

Cochenilleauszug färbt die Zellkerne und Stäbchen rasch roth; nach längerer Zeit werden erstere feinkörnig und lösen sich allmählich von innen nach aussen auf. Die Hülle dehnt sich aus, berstet und lässt den feinkörnigen Inhalt heraustreten. Die Stäbchen widerstehen der Lösung.

In Kalilauge und Aetzammoniak dehnen sich die Zellkerne zu grossen Blasen aus; zum Theile werden sie gelöst; die Stäbchen zerfallen körnig. Zusatz von Cochenille färbt die Zellkernbläschen und die aus dem Zerfall der Stäbchen stammenden Körnchen rasch roth. In manchen Zellen sieht man hierbei zwei Bläschen oder einen einzigen fast den ganzen Zellraum ausfüllenden rothgefärbten Schlauch.

In salpetersaurem Quecksilber-Oxydoxydul löst sich der Zelleninhalt mit prachtvoller rosenrother Farbe auf; die Zellkerne erscheinen als gelbliche Fetttröpfchen; die Stäbchen zerfallen unter Bildung von Fetttröpfchen.

Kupferoxyd-Ammoniak löst Zellkerne und Stäbchen spurlos; in den Zellen trifft man bloss spärliche farblose Körnchen. In Chlorzinkjod erscheinen beide Gebilde anfangs gelblich, homogen, wie aufgequollen, dann verblassend, voll Vacuolen, endlich sich lösend. Zusatz von Jod-Alkohol lässt hie und da statt des Zellkerns ein leeres goldgelbes Bläschen erkennen.

In Wasser tritt augenblickliche Lösung des Inhaltsklümpens auf unter Bildung gelber Flocken; die Zellkerne werden zum grossen Theile ebenfalls gelöst, die Stäbchen erst nach Zusatz von Alkohol, wobei im Gesichtsfelde und in den Zellen sofort ein feinkörniger Niederschlag sich bildet. Bei Zusatz von Aether und Alkohol entstehen später sehr kleine spiessige Krystalle.

In Essigsäure löst sich zunächst der Inhalt der Zellkerne und die Stäbchen; beim Erwärmen auch die Hülle der ersteren.

Die mitgetheilten mikrochemischen Reactionserscheinungen lassen

wohl keinen Zweifel darüber, dass der wichtigste und vorwiegendste Inhalt der Zellen hier Zucker ist (in der frischen Pflanze in Lösung, in der getrockneten als weisser homogener Klumpen); derselbe Stoff scheint auch im Zellkerne aufzutreten, der uns hier so schön in seiner Bläschennatur (Kernbläschen) entgegentritt. Schwieriger ist die Entscheidung über die chemische Zusammensetzung der Stäbchen, die, soweit ich mich zu erinnern weiss, in ähnlicher Weise noch nirgends beobachtet wurden. Doch scheinen einzelne der angeführten Reactionserscheinungen hinzudeuten, dass sie wesentlich aus Proteïnsubstanz und Fett zusammengesetzt sind, Körper, welche auch in die Zusammensetzung des Zellkerns und des Protoplasma's hier eingehen dürften. Welche Bedeutung diese sonderbaren, mit dem Zellkerne in Verbindung stehenden Stäbchen haben, wage ich nicht zu entscheiden. —

Was nun die Milchsaftorgane der Wurzel von Campanula Trachelium betrifft, so finden sich in den feinsten Nebenwurzeln nur milchsaftführende Siebröhren, welche mit gewöhnlichen Siebelementen zu Bündeln vereinigt, den einzelnen Holzbündeln entsprechen. Sie verlaufen vollkommen geradlinig und zeigen keinerlei Aeste und Verbindungen mit benachbarten Bündeln, so dass hier kein um den Holzkern herumlaufendes geschlossenes Milchsaft-Gefässsystem existirt. Weder in der Mittelrinde, noch im Holzkörper der feinen Nebenwurzeln kommen Milchsaftgefässe vor, dagegen ist beachtenswerth, dass hier fast sämmtliche Spiroiden, deren Glieder bei einem Durchmesser von 0,004—0,008 W. L. eine Länge von 0,08 W. L. besitzen, mit Milchsaft gefüllt angetroffen werden und zwar nicht streckenweise, sondern ihrer ganzen Länge nach. Je stärker die Nebenwurzel, desto stärkere und zahlreichere Milchsaftgefässe treten in der Innenrinde auf, und im oberen Theile der Hauptwurzel bilden sie in diesem Gewebstheile mehrere mit Parenchymschichten wechselnde Lagen, deren einzelne Bündel allerdings den Holzbündeln entsprechend am stärksten sind, jedoch auch durch seitliche Bündel und Verzweigungen unter einander in Verbindung stehen, so dass sie hier mehrere geschlossene Systeme um den Holzkörper bilden (Fig. 4). Hier, in der Hauptwurzel kommen aber auch in der Mittelrinde Milchsaftgefässe vor und zwar vorzüglich knapp unter dem Periderm und nahe am Uebergange der Mittel- in die Innenrinde. Sie zeigen da besonders zahlreiche und starke Verzweigungen, welche den Intercellularräumen mit besonderer Vorliebe in tangentialer Richtung folgen (Fig. 2 u. 3).

Im Mittelstocke und im untersten Theile des Stengels, woselbst ein Markkörper besteht, treten einzelne Milchsaftgefässe auch im Markcylinder auf. Es finden sich nämlich hier, wie man sich leicht an jedem Querschnitte überzeugen kann, an der Markseite des Holzkörpers einzelne abgeschlossene und von einander getrennte Stränge von Siebröhrengewebe, von denen einzelne stets mehrere Milchsaftgefässe enthalten. Die Angabe Hanstein's (l. c. pag. 74), dass bei den Campanulaceen im Marke keine Milchsaftgefässe vorkommen und dass diese bloss auf die Rinde beschränkt seien, würde darnach für unsere Pflanze nicht zutreffen. —

Die Milchsaftgefässe von Campanula Trachelium zeigen in ihrer Form eine grosse Uebereinstimmung mit den gleichen Organen der Cichoraceen. Wie diese, gehören auch sie zu den sehr verzweigten, netzförmigen. Ihre Entstehung und Entwicklung ist die nämliche wie bei Taraxacum, Podospermum etc. Ursprünglich findet man in der Innenrinde nur Milchsaft führende Siebröhren, deren Glieder in den feinen Nebenwurzeln sehr dünn und sehr lang (0,08 W. L.) sind. Ueberall zeigen sie meist schief geneigte einfache Verdickungspolster und eine geringe Auftreibung an ihren beiden Enden. Anfangs besitzen sie durchaus keine seitlichen Aeste; bündelweise vereinigt durchsetzen sie als zarte Röhren und Schlauchreihen die Innenrinde in senkrechter Richtung. Aber schon in den stärkeren Nebenwurzeln, besonders aber in der Hauptwurzel sind sie in dem grössten Theile der Innenrinde so ausgebildet, dass man an ihnen keine Spur einer Entstehung aus Zellen nachweisen kann. Durch Maceration isolirt, stellen sie sich als vielfach und unregelmässig ästige und anastomosirende Röhren dar, die an zahllosen Stellen kürzere papillöse und längere astartige, meist rechtwinklig abgehende Hervortreibungen besitzen (Fig. 1), welche, wie man sich an Quer- und Längenschnitten durch die Wurzel überzeugen kann, in die Zwischenzellräume eindringen (Fig. 5 u. 6). Sie besitzen eine deutliche farblose aufgequollene hyaline Hülle, wenn man sie durch Kochen in Wasser isolirt hat. Dieselbe färbt sich durch Jod und Schwefelsäure blau und löst sich nach längerem Kochen in verdünnten Säuren und Alkalien auf. Bemerkenswerth ist, dass die kürzeren und selbst manche der längeren seitlichen Zweige sich nach der Maceration in kochendem Wasser als hüllenlos darstellen. Ich vermuthe daher und gestützt auf die Erscheinungen, welche ihre Hülle überhaupt bei der Behandlung mit kochendem Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien darbietet und auf die oben beschriebenen Eigen-

schaften der Intercellularsubstanz, resp. der primären Zellmembranen, dass diese letztere bei der Bildung der Verzweigungen eine ähnliche wichtige Rolle spiele, wie ich dies für Taraxacum und Podospermum (l. c. pag. 20 ff.) darzustellen bemüht war. Auch die vorwaltende Ausbildung dieser Verzweigungen gerade in jener Richtung, in welcher die Intercellularsubstanz am stärksten entwickelt ist, dürfte in dieser Beziehung als ein Umstand von besonderer Bedeutung anzusehen sein. Es gilt dieses vorzüglich von der Mittelrinde, in deren äussersten Partien man die grössten und zahlreichsten Verzweigungen antrifft. Hier aber entstehen die Milchsaftgefässe, wie man sich schon an Längenschnitten durch verschiedene Theile der Wurzel überzeugen kann, aus der Verschmelzung von senkrechten Parenchym-Zellreihen, wie bei den Convolvulaceen. Ein bemerkenswerther Unterschied scheint mir jedoch hier, abgesehen von der Anwesenheit der Astbildung, darin zu liegen, dass bei Campanula Trachelium (ähnlich wie bei Taraxacum, Podospermum und anderen Cichoraceen) in den sich entwickelten Milchsaftgefässen der Mittelrinde kein Innenschlauch nachweisbar ist, derselbe scheint hier vielmehr gleichzeitig mit dem Schwunde der Scheidewände in die Milchsaftbildung aufzugehen und nur die eigentliche Zellmembran zur Hülle der Milchsaftgefässe verwendet zu werden.

Der Milchsaft von Campanula Trachelium stellt eine granulöse Flüssigkeit dar, welche, sowie der Zelleninhalt, Zucker enthält; er ist zum Theile in Wasser und Alkohol löslich, seine Körnchen werden durch Farbstofflösungen gefärbt; durch Jod-Alkohol wird er in eine homogene goldgelbe Masse verwandelt.

Da in der Wurzel dieser Glockenblume in vielen Spiroiden und im obersten Theile derselben selbst in Holzfasern Milchsaft angetroffen wird; da dieses namentlich für die im innersten Theile des Holzkörpers befindlichen Elemente gilt, und da endlich in den daran grenzenden markständigen Siebröhrenbündeln Milchsaftgefässe, diese also in nächster Nachbarschaft der Holzelemente vorkommen: so glaubte ich hier, wo die Milchsaftorgane im Gegensatze zu jenen der Convolvulaceen reichliche Verzweigungen besitzen, ungleich leichter als dort eine Communication dieser Organe mit Elementen des Holzes auffinden und nachweisen zu können, um so mehr, als ich im obersten Theile der Wurzel von den markständigen Milchsaftgefässen aus, reichliche Verzweigungen gegen die zunächst gelegenen Holzelemente vordringen sah, in einer Weise, dass mir auf den ersten Anblick eine gegenseitige Verbindung zweifellos schien. Indess die

nähere sorgfältige Untersuchung solcher Stellen ergab auch hier ein negatives Resultat. Ich konnte keinerlei Communication auffinden. Ich will deshalb nicht behaupten, dass in gewissen Fällen eine derartige Verbindung nicht vorkomme, denn die so wahrheitsgetreue Darstellung Treculs scheint eben nicht aus der Luft gegriffen zu sein, und selbst Hanstein giebt das Vorkommen einer derartigen Verbindung zu (l. c. p. 66); sie aber als eine normale, gesetzmässige anzusehen, halte ich schon nach den wenigen hier mitgetheilten Beispielen für ungerechtfertigt. Wenn eine solche Verbindung wirklich vorkommt, so wird sie gewiss nur zufällig und nur bei solchen Pflanzen zu finden sein, welche verzweigte Milchsaftgefässe besitzen. —

Die Untersuchung anderer Campanulaceen und einiger Cichoraceen brachte mich zu demselben Resultate.

Die Wurzel von Campanula thyrsoidea Lin. (vom Schneeberg) zeigt im Baue eine grosse Aehnlichkeit mit C. Trachelium. Unter dem Periderm findet man eine Mittelrinde mit stark entwickelter Intercellularsubstanz und reichlichen Milchsaftgefässen, deren Stämme quer verlaufen. Dieselbe geht unmittelbar in das Gewebe der Innenrinde über, welche durch ihre ganze Breite eine Menge zu Gruppen vereinigter und durch häufige Queranastomosen verbundener Milchsaftgefässe besitzt. Einzelne der letztern stossen an Spiroiden an.

Das Holz ist locker und enthält in einem dünnwandigen langgestreckten Grundparenchym weite treppenartige, ziemlich langcylindrische Spiroiden, in denen ich nirgends Milchsaft beobachten konnte. Die Milchsaftgefässe sind bei dieser Glockenblume äusserst complicirt. Schon dicht unter dem Periderm bilden sie ein so dichtes Netzwerk, wie man es kaum verwickelter bei Cichoraceen finden kann. Durch kurzes Kochen im Wasser isolirt, erscheinen ihre Wände ungeheuer aufgequollen, hyalin, ganz in derselben Art wie bei C. Trachelium.

Die Wurzel von Campanula alpina Jacq. (vom Schneeberg) und jene von Campanula Cervicaria Lin. (aus Mähren) besitzt einen mit der Wurzel von C. thyrsoidea übereinstimmenden Bau und eine ganz gleiche Entwicklung der Milchsaftgefässe, nur enthält bei letzterer der Holzkörper zahlreiche weite netzförmige Spiroiden in einem dünnwandigen verholzten Grundparenchym. Die Wurzel von Campanula glomerata Lin. dagegen stimmt fast vollkommen mit C. Trachelium überein, nur sind die Milchsaftgefässe ungleich feiner und zumal in der Innenrinde nicht so stark und nicht so reich-

lich entwickelt wie bei dieser. Auch hier finden sich an der Markseite des Holzkörpers abgeschlossene Partien von Siebgewebe mit Milchsaftgefässen, wie bei C. Trachelium (o. p. 59).

Bei allen diesen Campanuleen, besonders deutlich und kolossal entwickelt bei C. thyrsoidea findet sich dicht unter dem Periderm ein Milchsaft-Gefässnetz, dessen querliegende starke Stämme, welche durch äusserst zahlreiche, mitunter höchst feine senkrechte Aeste anastomosiren, die Längsstämme der Milchsaftgefässe der übrigen Rinde unter rechten Winkeln kreuzen.

Der unterste Stengeltheil von Phyteuma spicatum Lin. (blühende Pflanze) zeigt am Querschnitte eine aus grossen tangential gestreckten Zellen zusammengesetzte Mittelrinde ohne Milchsaftgefässe. Eine deutlich erkennbare Stärkeschicht trennt die Mittelrinde von der Innenrinde, welche wie bei den Campanuleen reichliche Milchsaft-Gefässgruppen enthält. Der Holzkörper besteht im äusseren Theile aus radial gereihten ziemlich dickwandigen Holzzellen mit spärlichen nicht sehr weiten Spiroiden, im inneren Theile aus einem kleinzelligen zartwandigen Gewebe mit radialen Gruppen, häufig mit Milchsaft gefüllten Spiroiden. Im Umfange des weiten, aus dünnwandigen Zellen zusammengesetzten Markes findet sich ein starker Ring cylindrischer verholzter grobporöser Zellen.

Die Wurzel hat einen ähnlichen Bau, wie C. Trachelium. Die engen Spiroiden stehen zerstreut in einem dünnwandigen, radial gereihten Grundparenchym. Sowohl die Mittel- als die Innenrinde besitzt äusserst zahlreiche Milchsaftgefässe mit starken Hauptstämmen, die im übrigen das gleiche Verhalten zeigen, wie jene der Campanuleen.

Bei Phyteuma orbiculare Lin. (blühende Pflanze) sind alle Elemente kleiner, die Rinde ist breiter, der Holzkörper dichter.

Einen mit C. Trachelium gleichfalls übereinstimmenden Rindenbau zeigt die Wurzel von Specularia hybrida DC. (blühende Pflanze). Die meisten Milchsaftgefässe finden sich hier im äusseren Theile der Innenrinde, doch rücken einzelne selbst bis an den Holzkörper vor. Dieser ist breit und dicht und enthält radial gereihte dickwandige Holzzellen, nicht weite Spiroiden und eine Zelle breite Markstrahlen. Zahlreiche Spiroiden, besonders im innersten Theile des Holzkörpers sind mit Milchsaft gefüllt. Das Centrum ist resorbirt.

Der Stengel von Symphyandra pendula DC. (blühende Pflanze) besitzt bloss in der stark entwickelten Innenrinde Milchsaftgefässe, die in den Stengelknoten, da wo ein Markstrahl geöffnet ist, hie und

da in diesen eindringen, ohne sich jedoch weit verfolgen zu lassen, und ohne irgend welche nachweisbare Communication mit den Elementen des Holzes zu zeigen, obwohl diese nicht selten mit Milchsaft gefüllt sind. Das Mark, welches aus verholzten porösen Zellen besteht, enthält keine Milchsaftgefässe, dagegen lassen sich an der Markseite des dichten Holzkörpers da, wo in einem dünnwandigen Gewebe Gruppen von Spiralgefässen stehen, stellenweise Milchsaft-Gefässbündel auffinden.

Die Milchsaftgefässe der beiden zuletzt besprochenen Pflanzen stimmen in ihren Eigenschaften mit jenen der übrigen Campanulaceen überein, obwohl sie im Ganzen keine so excessive Zweig- und Anastomosenbildung bemerken lassen. —

Die Wurzel von Crepis tingitana (?) (blühende Pflanze) zeigt unter dem Periderm eine Mittelrinde aus dünnwandigen, tangential gestreckten Zellen, im inneren Theile mit lufterfüllten Interstitien, im äusseren Theile mit zahlreichen, von Intercellularsubstanz begleiteten Milchsaftgefässen. Die Innenrinde, viel stärker als die Mittelrinde, besteht aus Bast- und Parenchymstrahlen. Erstere enthalten durch Parenchym gesonderte, von Siebröhren begleitete Milchsaft-Gefässbündel; letztere sind Fortsetzungen des äusseren Rindenparenchyms. Der centrale, von einer schwachen Cambiumlage umgebene Holzkern besteht aus radial gereihten Elementen, Holzzellen und zahlreichen Spiroiden, die durch meist mehrzellige Markstrahlen in ziemlich breite Holzkeile abgetheilt sind. Milchsaft findet sich im Holzkörper nicht.

Die Milchsaftgefässe zeigen in den Stengelknoten ausserordentlich reichliche seitliche Hervorragungen und Zweige, welche in radialer und tangentialer Richtung anastomosiren; in den Internodien dagegen sind sie fast ganz glatt, mit seltenen Aesten, wodurch sie einigermaassen jenen der Euphorbiaceen ähnlich sind. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 0,003 — 0,0048 W. L.

Der Stengel von Lactuca sativa Lin. (blühende Pflanze) zeigt am Querschnitte unter der Oberhaut eine aus wenigen Lagen tangential gestreckter rundlicher Zellen bestehende Mittelrinde (R = 0,006; T = 0,012 — 0,015 W. L.), die durch eine Art Kernscheide (Stärkeschicht ?) aus stark tangential gestreckten Zellen (R = 0,006; T = 0,018 W. L.) von der Innenrinde gesondert wird. Diese letztere ist ein gleichförmiges Gewebe von Siebröhren und Siebparenchym, worin im äusseren Theile grössere, im inneren Theile kleinere Milchsaftgefäss-Gruppen ordnungslos eingestreut vorkommen.

Die Holzbündel bestehen aus ziemlich dickwandigen, radial gereihten Holzzellen und reichlichen weiten Spiroiden; die ins Mark vorspringenden stärkeren Holzbündel sind auf ihrer Innenseite mit einer Partie Siebgewebe mit Milchsaftgefässen versehen. Zwischen den Holzbündeln finden sich bald breite, bald schmale, bis 1 Zelle breite Markstrahlen. Das Mark ist ein schlaffes dünnwandiges weitzelliges Parenchym.

In der Wurzel wird die Mittelrinde von einem stark entwickelten weitzelligen Parenchym gebildet (R = 0,012; T = bis 0,03 W. L.), worin zahlreiche starke Milchsaftgefäss-Stämme vorkommen. Die Innenrinde, fast 2mal so stark als die Mittelrinde, besteht aus wechselnden Bast- und Parenchymstrahlen, von denen die ersteren aus Siebgewebe mit zahlreichen Milchsaftgefäss-Bündeln, die letzteren aus dünnwandigen Parenchymzellen zusammengesetzt werden, welche lufterfüllte Interstitien zeigen und in das Gewebe der Mittelrinde übergehen. Die Holzbündel enthalten nicht dickwandige Holzzellen, weite Spiroiden und 2 bis mehr Zellen breite Markstrahlen. Je 2 oder mehr Holzbündel sind an ihrer Markseite vereinigt und besitzen daselbst, von Siebgewebe umgeben, Gruppen von Spiralgefässen und Milchsaftgefäss-Bündel.

Das Mark ist jenem des Stengels entsprechend.

Die Milchsaftgefässe von Lactuca sativa zeigen alle Charaktere jener der meisten anderen Cichoriaceen, z. B. von Taraxacum. Sie haben einen Durchmesser von 0,003—0,012 W. L. und sind stets von reichlich entwickelter Intercellularsubstanz umgeben, welche, wenigstens in der Wurzel, alle jene Eigenschaften besitzt, wie ich sie von jenen der Wurzel von Taraxacum, Podospermum, Campanula etc. dargestellt habe.

Jene der Innenrinde anastomosiren vorwaltend in radialer Richtung und stehen weder mit den Milchsaftgefäss-Stämmen der Mittelrinde, noch mit jenen der Markseite der Holzbündel in Verbindung. Die letzteren bilden für sich abgeschlossene Stränge, welche dort, wo ein Markstrahl in eine Nebenwurzel sich öffnet, mit den analogen Milchssaftorganen dieser letztern in Verbindung treten. Nirgends konnte ich hier eine Verbindung dieser Gefässe mit Elementen des Holzes nachweisen, obwohl in der Wurzel die markständigen Milchsaftgefässe ganz nahe an den Spiralgefässen stehen, von denen die meisten selbst mit Milchsaft gefüllt sind.

Verzeichniss der untersuchten Pflanzen.

Acer platanoides Lin.
Argemone mexicana Lin.
Asclepias Cornuti DC.
——— currassavica Lin.
Broussonetia papyrifera Vent.
Calystegia sepium R. Br.
——— Soldanella R. Br.
Campanula alpina Jacq.
——— Cervicaria Lin.
——— glomerata Lin.
——— thyrsoidea Lin.
——— Trachelium Lin.
Convolvulus sicculus Lin.
——— tricolor Lin.
Crepis tingitana.
Eschscholtzia californica Chms.
Euphorbia Characias Lin.
——— Gerardiana Jacq.
——— Lathyris Lin.
——— portlandica Lin.
——— prunifolia Jacq.
——— Wulfenii Hopp.
Ficus benghalensis Lin.
—— Carica Lin.
—— stipulata Thbg.
Gomphocarpus angustifolius Link.
Hippomane Mancinella Lin.
Hura crepitans Lin.
Ipomaea coptica Roth.
——— Turpethum R. Br.

Lactuca sativa Lin.
Lobelia fulgens Willd.
——— urens Lin.
Morus nigra Lin.
Pharbitis hispida Chois.
Phyteuma orbiculare Lin.
——— spicatum Lin.
Specularia hybrida DC.
Stilephorum cambricum Spr.
Symphyandra pendula DC.

Tafelerklärung.

Fig. 1—7. Campanula Trachelium (Wurzel).

Fig. 1. Partie des Milchsaft-Gefässsystems aus der Rinde.

Fig. 2. Partie eines Längenschnittes aus der Mittelrinde.

Fig. 3. Partie eines Querschnittes aus der Mittelrinde. ll Milchsaftgefäss.

Fig. 4. Theil des Querschnittes durch die Innenrinde. ll Milchsaftgefässe; ss Siebröhren; pp Parenchym.

Fig. 5. Längenschnitt aus der Mittelrinde unter Wasser, mit aufgequollener Intercellularsubstanz und zahlreichen darin liegenden durchschnittenen Milchsaft-Gefässästen.

Fig. 6. Partie eines Längenschnittes. In jeder Zelle liegt ein Zellkern mit angeheftetem stabförmigen Körper (pag. 60).

Fig. 7. Derartige Zellkerne mit dem Stabkörperchen isolirt dargestellt.

Fig. 8—11. Calystegia sepium (Wurzel).

Fig. 8. Parenchymzell-Complexe; die Zellen zum Theil in Fusion.

Fig. 9. Stück eines Milchsaftgefässes. Der Innenschlauch (ii) setzt sich ununterbrochen durch die Querscheidewand (xx) fort.

Fig. 10. Stück einer Siebröhre. Der Innenschlauch (ii) setzt sich an den Verdickungspolster (xx) fest.

Fig. 11. Stück eines Milchsaftgefässes. Die noch vorhandene Siebplatte (sp) deutet seine Entstehung aus Siebröhren an.

Fig. 12. Siebröhre aus der Turbithwurzel. a Verdickungspolster. b Siebplatte.

Wien im August 1865.



Morphologisch-embryologische Studien.

Von

S. Rosanoff.

Wenn in der systematischen Botanik zu allen Zeiten ein Hauptaugenmerk auf die morphologischen Verhältnisse der Geschlechtsorgane und ihres Produkts — des Saamens — gerichtet wurde, so kam dabei das in Betracht, dass durch den Saamen alle specifischen Eigenschaften der Form so zu sagen gesammelt und in einem kleinen Raume verdichtet, von Generation zu Generation überliefert werden. Die Wichtigkeit der Merkmale, welche von diesen Organen entnommen sind, wird durchaus nicht geschmälert durch Annahme einer fortschreitenden Entwickelung der Formen aus einander, sondern sie wächst, indem der Geschlechtsapparat und sein Produkt von der Züchtung am meisten beeinflusst wird und also in ihnen die leitenden Thatsachen bei der Entwirrung der blutsverwandtschaftlichen Beziehungen der Formen zu suchen sind. Von diesem Standpunkte aus erhält auch die Entwickelungsgeschichte eine viel grössere Bedeutung für die Systematik, da dabei nicht nur die morphologische Bedeutung irgend eines Organes, sondern auch der physiologische Prozess seines Werdens, die Art seiner Entwickelung in Anschlag gebracht werden muss.

Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um die Gedanken zu bezeichnen, die bei nachstehender Untersuchung für mich leitend gewesen sind.

Ich habe diese Untersuchungen im Heidelberger botanischen Laboratorium unter der aufklärenden und anregenden Leitung des Herrn Pr. Hofmeister ausgeführt.

Embryologische Beobachtungen, welche ich an Heliotropium europaeum anstellte, zeigten mir, dass bei ihm Verhältnisse vorkommen, die weit von denen der anderen Borragineae verschieden sind, und dass das weibliche Geschlechtsorgan beachtenswerthe und noch nicht beschriebene Eigenthümlichkeiten zeigt. Das veranlasste mich, andere Arten derselben Gattung, Tiaridium, als eine zu derselben Unterfamilie gehörige zweite Gattung, und einige Pflanzen aus anderen im übrigen nahestehenden Familien zu untersuchen. Ich lasse nun die von mir gewonnenen Resultate folgen, indem ich zuerst den morphologischen Theil derselben behandle.

Die Fig. 12, 11, 8, 6, 7. Taf. V stellen die aufeinanderfolgenden Entwickelungszustände des Pistills von Heliotropium europaeum dar und sind eben so gut für die anderen Heliotropium-Arten als auch für Tiaridium gültig. Es erscheinen am Rande des etwas convexen Achsenrades 2 breite Höcker, welche sich zu Carpellen ausbilden. Während ihre Entwickelung bei Heliotropium peruvianum z. B., oder bei Tiaridium eine vollkommen gleichmässige ist, wird bei Heliotropium europaeum ein Carpell etwas bevorzugt, was man auch an der Ungleichheit der beiden Spitzen sehen kann, in welche der fertig gebildete Griffel ausläuft. Eine Steigerung dieser Ungleichheit bis ins äusserste bemerkt man bei einigen Verbenaceae, deren Fruchtknoten ebenfalls aus 2 median gestellten Carpellen gebildet wird. Bei Lantana pulchella wird von diesen 2 Carpellen das von dem Stützblatte abgekehrte schon auf den frühesten Zuständen von dem anderen überholt und es schlagen sich später nur die Ränder des ersteren ein, um nur zwei eigentlich falsche Fächer zu bilden und in diesen zwei aufrechte Eichen sprossen zu lassen (Fig. 26—28. Taf. VI).

Bei Heliotropium und Tiaridium (indicum) werden die vier falschen Fächer vollkommen gleich ausgebildet. Sie kommen zu Stande durch ein Einschlagen der Carpellränder bis zur Mediane jedes Fruchtblattes, wie überhaupt bei den Borragineae, Verbenaceae, Labiatae etc. Bei den Hydrophylleae schlagen sich die Carpellen nur bis zur Achse ein (Fig. 23, 24, Phacelia congesta), verwandeln sich hier in 2 polsterförmige Bildungen (d. Placentae), die nicht mit einander verwachsen und an den schmalen Seiten je 1 hängendes (Phacelia congesta) Eichen tragen. Hierin scheint mir nur eine graduelle Verschiedenheit zwischen den Hydrophylleae und den Borragineae zu liegen.

Sobald sich die Carpellen von Heliotropium geschlossen haben, erscheint an ihrem Grunde eine Bildung, welche auf den ersten Blick

und besonders bei Betrachtung fertiger Zustände als ein Kreis angelegter und nicht weiter entwickelter Blattorgane angesehen werden könnte; die zwischen dem Staubfadenwirtel und den Carpellen erscheinen analog etwa denen, die man z. B. bei Daphne mezereum so deutlich sehen kann. Die Entwickelungsgeschichte zeigt jedoch, dass sie später als die Carpelle angelegt werden und nur Wucherungen der Aussenseite des Carpellgrundes sind.

Der wesentliche bekannte Unterschied des Fruchtknotens von Heliotropium von dem anderer Boragineae besteht in der Art der Einfügung des Griffels: Bei Heliotropium ist er an der Spitze des Pistills eingefügt, wie es aus Fig. 1, 14, 17 zu ersehen ist, während er bei den anderen Boragineae, wie bekannt, zwischen die vier nach oben aufgebauchten Fruchtknotentheile eingesenkt erscheint und gleichsam die unmittelbare Fortsetzung der Achse bildet. Bei Tiaridium (Fig. 17) ist das den Heliotropeae eigenthümliche Verhältniss noch anschaulicher, obgleich es später durch die weitere Entwickelung bei der Reife der Frucht verwischt wird. Diese Eigenschaft des Griffels bestimmte Endlicher, die Tournefortieae und Heliotropeae als besondere subordo (Ehretiaceae) von den übrigen Asperifolieae zu trennen (gen. plant. p. 645).

Gehen wir jetzt über zur Betrachtung der Form und der Entwickelungsgeschichte des Griffels und der Narbe der uns beschäftigenden Pflanzen. Es tritt uns hier ein Verhältniss entgegen, welches, so viel ich weiss, sich weder bei den anderen Boragineae noch bei Verbenaceae und Hydrophylleae wiederholt. Bei Heliotropium europaeum nämlich erhebt sich über der Spitze des Fruchtknotens der kurzstielförmige Griffel, auf dem weiter nach oben eine pyramidenförmige Bildung aufsitzt, mit der Basis nach unten gekehrt. Diese Pyramide ist abgerundet vierseitig und geht am Gipfel in zwei ungleich lange Spitzen aus, die den beiden zusammensetzenden Carpellen entsprechen (Fig. 1). Die von den beiden Spitzen gebildete Spalte steigt bis etwas unter ein Drittel der ganzen Pyramidenhöhe hinunter und der obere Theil der Pyramide ist mit kleinen senkrecht nach oben gerichteten Härchen besetzt, auf denen niemals ein Pollenkorn aufsitzend gefunden wird. Die Kanten der Basis dieses stigma peltatum (Endl. gen. plant.) sind mit Haaren besetzt, welche senkrecht zur Oberfläche dieser Kante stehen und an den Ecken besonders dicht gedrängt sind. Diese Ecken sind die Stellen, welche für die Pollenaufnahme bestimmt sind, von welchen aus Pollenschläuche getrieben werden: sie sind die wahren Narben der Pflanze. In

dem mehr oder weniger luftführenden Gewebe der pyramidenförmigen Bildung sieht man durchsichtigere, zartere Gewebepartien hinziehen, die an den oben angedeuteten vier Narben ihren Anfang nehmend den Seitenkanten parallel nach Oben aufsteigen, etwas über dem Spaltengrunde plötzlich nach Unten sich wenden und dann unter der Spalte zusammenfliessend als ein einziger Haupt-Staubweg durch den Griffel in den Fruchtknoten sich fortsetzen. Fig. 1 zeigt dieses System im Längsschnitt, Fig. 2, 3, 4, 5 in von Oben nach Unten auf einander folgenden Querschnitten (siehe die Erklärung der Figur).

Somit muss der Pollenschlauch, um zum Eichen zu gelangen, zuerst nach Oben wachsen und dann seine Richtung plötzlich ändern. Ich habe ihn auch auf seinem ganzen Wege verfolgen können. Die Richtung, welche die Pollenschläuche hier einschlagen, zeigt deutlich, dass sie dahin wachsen, wo sie das für ihr Wachsthum nöthige Material vorfinden.

Ich kann es nicht unerwähnt lassen, dass die oben beschriebenen 4 Zweige des Haupt-Staubwegs manchmal zu zweien auf eine gewisse Strecke verschmelzen und dann es auf einigen Querschnitten nur zwei solcher Zweige zu geben scheint.

Bei Heliotropium peruvianum, grandiflorum sehen wir ganz denselben Bau des Griffels und der Narben mit dem Unterschiede, dass die pyramidenförmige Bildung selbst kürzer ist und einem längeren Stiele aufsitzt. Dann ist sie an der Spitze viel stumpfer, der Spalt ist nicht so tief, wie bei Heliotr. europaeum und die beiden Zipfel sind gleich lang. Diese unterscheidenden Merkmale sind noch deutlicher bei Tiaridium indicum, welcher Pflanze Endlicher ein stigma capitatum beigiebt: hier ist der untere stielförmige Theil viel länger, nach Oben verbreitert, und anstatt eine pyramidenförmige Bildung zu tragen, ist sein Scheitel flach gewölbt. Die Spalte ist ziemlich tief, weshalb die aufsteigenden Partien der Staubwegzweige viel länger und die absteigenden Theile sehr sanft geneigt sind. Hierin erblicke ich eine Uebergangsbildung zu der gewöhnlichen zweilappigen Narbe.

Schon der ganze Verlauf des Staubweges zeigt es und die Entwickelungsgeschichte bestätigt es, dass er wenigstens in seinem oberen Verlaufe durch Differenzierung des Griffelgewebes entsteht. Auf frühesten Zuständen sitzt die pyramidenförmige Bildung unmittelbar auf der Spitze des Fruchtknotens. Erst später wird sie durch Streckung der zwischen ihr und dem letzteren liegenden Gewebepartie

emporgehoben. Durch weiteres Wachsthum am Scheitel des ganzen Griffels erlangt die anfänglich niedrige und abgerundete Pyramide ihre definitive Form.

Ein analoges Vorkommniss konnte ich bei anderen nahestehenden Pflanzen nicht auffinden; auf den ersten Blick wird man an die Asclepiadeae erinnert, wo auch die die Pollenschläuche aufnehmenden Stellen unterhalb der organischen Spitze der Carpelle sich befinden, wo aber zugleich kein vorgebildeter Staubweg existirt. Die Nyctagineae (Mirabilis jalappa, longiflora, Fig. 21, 22) bieten insofern eine Analogie, als das einzige Carpell in eine lange Spitze (den Griffel) auswächst, welche von einem excentrisch gelegenen Gefässbündel durchzogen ist und in dem sich durch Differenzen des Gewebes ein Staubweg bildet, der an der eingerollten Spitze des Griffels in eine Menge Zweige sich auflöst, von denen jeder sich in einen knopfförmigen Auswuchs der krausigen Narbenoberfläche hineinzieht. Jeder dieser knopfförmigen Auswüchse ist somit eigentlich eine Narbe für sich, und die Pollenschläuche können nur durch sie in den gemeinsamen Staubweg und dann in den Fruchtknoten gelangen.

Bevor ich zur Beschreibung derjenigen Veränderungen übergehe, welche mit dem Fruchtknoten der Heliotropeae während der Saamenreife vor sich gehen, will ich das analogisch Eigenthümliche hervorheben.

Das Eichen von Heliotropium und Tiaridium ist, wie bekannt, hängend und anatrop (Fig. 1, 7, 14. Taf V), bei Tiaridium ist es ein wenig hemianatrop. Gleich wie bei den meisten Petalostemonen hat es nur ein einziges massig entwickeltes Integument, welches in dem fertigen Eichen unmittelbar den Embryosack umschliesst, da letzterer schon frühe das ganze übrige Gewebe des Eikernes verdrängt. Bekanntlich hat der Embryosack aller Boragineae einen flachen und breiten Scheitel, an dessen Innenseite die beiden Keimbläschen haften; in dem Chalazaende befinden sich mehrere grosse Gegenfüsslerzellen, wie ich sie z. B. bei Nonnea violacea, Cerinthe major, Omphalodes linifolia gesehen habe. Nach Ankunft des Pollenschlauches am Scheitel des Embryosackes entwickelt sich eins der Keimbläschen zu einem kurzen, aufgetriebenen Embryonalschlauche, welcher seine unterste Zelle in das Embryokügelchen verwandelt. Während derselben Zeit bildet sich im übrigen Raume des Embryosackes das Endosperm durch freie Zellbildung. (Hofmeister, Embryobildung der Phanerogamen, Pringsheim, Jahrb. I. 119.) Dieses Endosperm häuft sich bei Cynoglossum im Mikropyleende des Embryosackes an;

dasselbe Verhältniss findet sich bei Omphalodes linifolia, wie aus Fig. 46 u. 47. Taf. VII zu ersehen ist.

Es ist nun wohl bekannt, dass sich in der ganzen Entwickelung des Embryo die Art der Bildung des Endosperms (durch Theilung oder durch freie Zellbildung) nicht nur bei Pflanzen einer und derselben Familie, sondern auch bei ganzen Gruppen von Familien, die im übrigen sowohl in morphologischen Merkmalen als physiologischen Eigenthümlichkeiten sich ähneln, wiederholt. Auch die Form des Embryosacks und der Grad der Entwickelung des Embryonalschlauches sind Merkmale, welche, wenn auch nicht durchgängig, so doch für die weitaus meisten Verwandtschaftskreise constant sind. In Hinsicht auf eine solche Bedeutung embryogenetischer Kennzeichen müssen die weiter dargestellten Verhältnisse für die systematische Stellung der Heliotropeae einen ziemlich entscheidenden Werth haben.

Im Gegensatze zu den anderen Boragineae hat Heliotropium europaeum einen Embryosack, der vor der Befruchtungsreife eine schlanke cylindrische Gestalt hat, am Mikrophyleende etwas gedunsen ist und in eine ziemlich schlanke Spitze ausläuft. Hier unter der Spitze (Fig. 44. Taf. VII) sind der Innenseite des Embryosackscheitels zwei der Membran entbehrende Zellen angeschmiegt. Fig. 44 zeigt in der einen derselben einen deutlichen Kern, der in einer Vacuole eingeschlossen liegt. Die ganze Plasmamasse, in welcher die beiden Zellen eingebettet sind, ist gegen den übrigen Embryosackraum scharf abgegrenzt. Bei der völligen Geschlechtsreife wird der Embryosack noch schlanker und ist durch eine leichte Einschnürung in zwei etwas angeschwollene Theile geschieden, von denen der obere etwa nur ein Viertel des ganzen Embryosacks einnimmt. Das untere Ende, welches gleich dem oberen zugespitzt ist, ist nach der Raphe hin gekrümmt und enthält mehrere kleine Gegenfüsslerzellen.

Schon jetzt und noch besser auf etwas späteren Zuständen kann man mit der grössten Deutlichkeit sehen, dass der Scheitel des Embryosacks stark verdickt ist und dass seine Substanz ein viel grösseres Lichtbrechungsvermögen besitzt. Die aufgelagerte Schicht geht nach Unten allmählich aus und nicht selten löst sie sich dabei allseitig in radiale Streifchen auf (Fig. 32 u. 33. Taf. VI u. Fig. 34. Taf. VII). Hier hatte ich noch einmal Gelegenheit, mich von der Unabhängigkeit dieser Bildung von den Keimbläschen und der Nichtigkeit des sogenannten Fadenapparats zu überzeugen. Erst unmittelbar nach der Befruchtung scheinen sich die Keimbläschen mit einer Membran zu umkleiden und als weiteres Resultat des Angelangtseins des Pollenschlau-

ches am Embryosacke erscheint die Entwickelung des einen Keimbläschens zum Embryonalschlauche, während das andere als ein Haufen körniger Masse zurückbleibt. Fig. 35 stellt den Anfang dieser Bildung dar; in den anderen Figuren sind die weiteren Veränderungen dargestellt. Aus denselben ersieht man, dass der Embryonalschlauch sehr lang wird, unter seiner Anheftungsstelle, welche immer in einer gewissen Entfernung von der Spitze des Embryosackes liegt, etwas aufgeblasen erscheint und manchmal nach Oben einen kleinen blinddarmartigen Fortsatz schickt (Fig. 30 u. 37). Der protoplasmatische Inhalt des Schlauches wandert nach Unten, seiner Spitze zu, an welcher Querscheidewände auftreten. Er dringt in das Gewebe des jetzt in Bildung begriffenen Endosperms bis ziemlich tief in den unteren aufgebauchten Theil des Embryosacks, theilt seine Endzelle zuerst durch senkrechte und horizontale, dann durch nach verschiedenen Richtungen geneigte Scheidewände, wodurch das Embryokügelchen entsteht. Vergleicht man die Fig. 31, 34, 39 mit Fig. 47 u. 48, so wird man leicht des Unterschiedes gewahr, der zwischen der Entwickelung des Embryoschlauches von Heliotropium und der anderen Boragineen existirt; Heliotropium und Tiaridium zeigen hierin im Gegentheil eine grosse Aehnlichkeit mit den Verbenaceae, Hydrophylleae, Selagineae, Labiatae u. a.

Gleichzeitig mit der Entwickelung des Embryos geht auch die Bildung des transitorischen Endosperms vor sich. Während der obere erweiterte Theil des Embryosacks bis zu seiner Verengerung sich spärlich mit einigen durch freie Zellbildung entstandenen, den Raum nicht ganz ausfüllenden Zellen füllt (Fig. 43. Taf. VII), geht in dem ganzen unteren Theile eine Zelltheilung vor sich. Fig. 29 stellt den unteren Theil eines Embryosackes, in welchem die Endospermbildung eben anhebt, dar. Der Raum ist durch zwei sehr zarte Scheidewände in drei Zellen getheilt und in den zwei unteren dieser Zellen konnte man aufs deutlichste je zwei Zellkerne erkennen, die weit von einander gerückt waren: die Andeutung einer weiteren Theilung. Fig. 35 stellt einen weiteren Zustand dar, wo der Embryosack in eine Längsreihe von Zellen verwandelt war, in deren mittelster die erste Längsscheidewand aufgetreten war. Weiter dauert die Theilung fort, anfänglich durch Quer- und Längs-, dann durch verschieden geneigte Wände, wodurch die mittlere Partie des unteren Theils des Endosperms ziemlich stark aufgetrieben wird; dann sehen der obere Theil des Embryosacks und seine unterste Spitze wie Anhängsel aus (Fig.

40, 41. Taf. VII). Durch rasche Steigerung seines Wachsthums verdrängt der Embryo bei der Saamenreife das Endosperm.

Die Embryologie von Tiaridium indicum stimmt mit der von Heliotropium, weshalb ich mich mit der Hinweisung auf Fig. 45, welche einen späteren Zustand des Eichens von dieser Pflanze darstellt, begnüge.

Wir sehen somit, dass die Endospermbildung von Heliotropium weit von der anderer Borragineae abweicht und werden bei einem Vergleiche desselben mit anderen Pflanzen wieder auf die Hydrophylleae und Verbenaceae geführt.

Jetzt haben wir noch der die Saamenreife begleitenden Weiterentwickelung des Fruchtknotens zu gedenken.

Die das Eichen und einen Theil des funiculus umgebende mehrreihige grüne Zellschicht erhärtet nach und nach, indem die sie zusammensetzenden Zellen sich stark verdicken. Diese Verdickung greift weiter um sich, indem radienförmig von der oben erwähnten Schicht nach Aussen hin verlaufende Zellenpartien an diesem Prozesse Theil nehmen. Interessant ist es, dass der Verdickung eine Anhäufung des Chlorophylls vorausgeht, welches sich sehr lange in den äusserst stark verdickten Zellen erhält (Fig. 13 u. 14). Diese verdickten Zellpartien bilden das Endocarpium, während das weiter nach Aussen gelegene Gewebe weich und zart bleibt und bei der Fruchtreife leicht abgeht.

Die Fruchtknotenfächer schwellen an, während das sie in der Achse verbindende weiche Gewebe nicht nachwächst und zerreisst: so entsteht in der Achse der Frucht ein hohler Raum, der nach Oben von dem zurückgebliebenen Theile des Griffels, nach Unten von der hügelförmigen Erhebung des Achsenrandes geschlossen ist. Aus dem letzteren sprossen hie und da kurze Reihen von durchsichtigen Zellen, in denen von dem Zellkerne aus nach verschiedenen Stellen der Innenwand sich Protoplasmastränge hinziehen. In letzteren habe ich mehrere Male bei genügender Vergrösserung eine Strömung gesehen, die ihre Bahnen ziemlich rasch veränderte.

Die Tiara-ähnliche Frucht von Tiaridium indicum hat, wie Endlicher (gen. plant. 3752) angiebt, ausser den vier Fächern, in denen die Saamen liegen, noch andere vier verticale, die leer sind. Letztere liegen alle nach der Achse hin, sind halbkugelförmig und tragen durch ihre Bildung zur Auseinanderspreizung der beiden lobi der Frucht bei (Fig. 18, 19, 20. Taf. VI). Es kommt dadurch zu Stande, dass anfänglich sich in den Fruchtknoten-Scheidewänden 4

parenchymatische Gewebemassen ausbilden, die gleich den Fächern des Fruchtknotens mit einer Schicht stark verdickter Zellen umgeben werden, sich weiter stark strecken und zuletzt vertrocknen und resorbirt werden. Es ist noch zu bemerken, dass in den Zellen dieser Gewebepartien anfänglich ziemlich viel Stärkemehl enthalten ist.

Mir scheinen die oben beschriebenen Eigenthümlichkeiten der Heliotropeae von so grosser Bedeutung, dass diese Pflanzengruppe von den Boragineae viel weiter gestellt werden muss, als sie es bis jetzt war und, wenn sie nicht eine Unterfamilie der oben so oft genannten Familien Verbenaceae oder Hydrophylleae bilden könne, als eine selbständige, den Boragineae und anderen Familien gleichgestellte Gruppe betrachtet werden muss. Das Eine ist jetzt für mich vollkommen sicher: sie unterscheidet sich von der Boragineae viel mehr, als z. B. die Verbenaceae von den Selagineae.

Zum Schlusse will ich der Literatur mit einigen Worten gedenken.

Angaben, welche sich auf die Embryologie der Heliotropeae bezögen, habe ich nicht gefunden. Wegen der Morphologie habe ich Reichenbach's icones, Link's Philosophia, Rob. Brown's prodromus, Decandolles prodromus und Endlicher's gen. plantarum nachgesehen, jedoch weder in den Beschreibungen noch in den Abbildungen die oben beschriebenen Verhältnisse befriedigend dargestellt gefunden.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. V.

Fig. 1. Längsschnitt des Fruchtknotens von Heliotropium europaeum, durch die Mitte zweier gegenüberliegenden Fächer geführt. Man sieht den Verlauf des Staubweges. Die beiden Enden des Griffels erscheinen hier gleich lang, was von der nicht vollkommenen Medianrichtung des Schnittes abhängt.

Fig. 2, 3, 4, 5 sind Querschnitte des Griffels von H. europaeum, die in verschiedenen Höhen des pyramidenförmigen Theils des Griffels abgenommen sind. Auf Fig. 1 sind mit a, b, c, d die Stellen bezeichnet, von denen diese Schnitte herstammen.

Fig. 6, 7 sind Längsschnitte von jungen Fruchtknoten des Heliotr. europaeum.

Fig. 8, 11, 12 sind Querschnitte, die die allmähliche Bildung des Fruchtknotens zeigen.

Fig. 9 ist ein Querschnitt aus einem fertigen Fruchtknoten derselben Pflanze.

Fig. 13. Querschnitt einer sich der Reife nähernden Frucht.

Fig. 14. Längsschnitt eines solchen.

Fig. 10. Fertiger Fruchtknoten von Tiaridium indicum, Querschnitt.

Taf. VI.

Fig. 15. Reifende Frucht derselben Pflanze, Querschnitt.

Fig. 16. Querschnitt aus dem oberen Theile des Griffels derselben Pflanze.

Fig. 17. Längsschnitt eines Griffels von Tiarid. indicum.

Fig. 18. Längsschnitt aus einer reifenden Frucht von T. indicum. Die mit a bezeichneten Hohlräume sind die Fächer der Frucht, die zwei inneren, kleineren, sind die oben beschriebenen verticalen.

Fig. 19. Die Frucht von Tiaridium, von Aussen gesehen.

Fig. 20. Querschnitt aus einer solchen Frucht. b hat dieselbe Bedeutung wie in Fig. 18.

Fig. 21 u. 22. Quer- und Längsschnitt des Griffels von Mirabilis jalappa.

Fig. 23, 24. Querschnitt eines Fruchtknotens (23) und einer Frucht (24) von Phacelia congesta.

Fig. 25 u. 27 Längs- und Fig. 26 u. 28 Querschnitte von jungen Zuständen des Fruchtknotens von Lantana pulchella.

Fig. 29. Der unten angeschwollene Theil des Embryosackes von Heliotropium europaeum, in welchem die Endospermbildung begonnen hat.

Fig. 30. Oberer angeschwollener Theil eines Embryosackes auf einer etwas spä-

teren Entwickelungsstufe. Man sieht das obere Ende des Embryonalschlauches und den blinddarmartigen Fortsatz.

Fig. 31. Das herausgenommene, befruchtete und zum Embryonalschlauche herangewachsene Keimbläschen.

Fig. 32 u. 33. Obere Theile unbefruchteter Embroysäcke: man sieht an der Spitze die Verdickung des Embryosackscheitels.

Taf. VII.

Fig. 34. Oberer Theil eines viel weiter entwickelten Embryosackes. Man sieht im oberen angeschwollenen Theile die ihn locker ausfüllenden grossen Zellen.

Fig. 35. Embryosack, in dem das Endosperm als eine Längsreihe von Zellen besteht; in der mittelsten hat sich die erste Längsscheidewand gebildet.

Fig. 36. Scheitel eines befruchteten Embryosackes. Neben der Anheftungsstelle des Embryonalschlauches liegt das verkümmerte andere Keimbläschen.

Fig. 37. Ein ähnliches Präparat, viel stärker vergrössert. Im Embryosacke ist eine Einstülpung gebildet, aus der der Pollenschlauch beim Präpariren wahrscheinlich herausgezogen worden.

Fig. 38. Ein stark vergrösserter Embryosack mit ziemlich weit vorgeschrittener Endospermbildung.

Fig. 39. Embryonalschlauch, an dessen unterem Ende das Embryokügelchen sich zu bilden anfängt.

Fig. 40. Ein befruchtetes Eichen von Heliotr. europaeum.

Fig. 41. Desgleichen, aber weiter vorgeschritten.

Fig. 42 u. 43 gehören eigentlich zusammen. 42 bildet die Fortsetzung nach unten von der Fig. 43. Die den oberen Theil ausfüllenden grossen Zellen sind deutlich.

Fig. 44. Der obere Theil des Embryosacks von H. europaeum noch lange vor der Befruchtung.

Fig. 45 u. 46. Eichen und Embryosack von Tiaridium indicum.

Fig. 47 u. 48. Obere Theile des Embryosackes von Omphalodes linifolia.

Ueber den Bau trockner Pericarpien.

Von

Dr. Gregor Kraus.

(Bei der philosophischen Facultät der Universität Würzburg als Inauguraldissertation eingereicht.)

Einleitung.

Vergleichende Untersuchungen über den Bau der Fruchtschalen finden sich in der botanischen Literatur nur zweimal: bei Malpighi und Schleiden[1]); beidemale sind die Angaben spärlich und nur im Vorübergehen gemacht.

Die Beobachtungen des Ersteren sind, wie immer, schätzenswerth, wenn auch veraltet. Ausser Abbildungen und beiläufigen Bemerkungen, aus denen der zellige Bau der Frucht und die Gefässbündelvertheilung in derselben erhellt[2]), findet sich bei ihm eine treffliche Schilderung des Baues der Erbsenhülse: „Componitur siliqua exterius ovalibus utriculis, parum tamen sese angustantibus, unde angulosi interdum redduntur; qui vero interiorem regionem occupant, minores sunt. Totus paries reticulari opere, ex tracheis et fistulis ligneis irrigatur, derivato a fibrosis fasciculis, superiorem et inferiorem costulam percurrentibus. Versus interiorem partem per transversum excurrunt, quasi ligneae fibrae, rotundis excitatae globulis,

1) A. Richard kann ganz unberücksichtigt bleiben, da sich seine Abtheilung der Fruchtschalen in ein Epi-, Meso- und Endocarpium nicht auf genaue Untersuchungen stützt. — Das Gleiche gilt von Lestibondois' „Carpologie anatomique" (Ann. d. scienc. nat. Ser. IV. T. II p. 22; T. III p. 47).

2) Opp. Lugd. Bat. 1687. Anat. plant. Fig. 247 D.; 250 C. u. s. w. — p. 78 zu Fig. 258; p. 81 et 82 u. s. w. — Eine Schilderung des Baues essbarer Früchte p. 80 f. — Grew, den ich nur aus dem französischen Auszuge (Leide 1685) kenne, ist darnach kaum erwähnenswerth.

prout ruditer et obscure observantur; hae teguntur substantia quadam molliori, quae quasi tot syphonum ora indicare videtur; ab interiori pariter siliquae superficie eminent pili molles, et quasi capillamenta, quibus humectantur contenta semina." (l. c. p. 79.) — In ähnlicher Weise beschreibt er die Früchte der Garten- und Wolfsbohne (ib.) —

Schleiden sagt, jedes trockne Pericarp bestehe aus vier differenten Gewebelagen („Schichten"), diese seien „die Epidermis der äusseren Fläche, das Epithelium der inneren Fläche, und zwischen beiden eine äussere Parenchymschicht, deren Zellen meist zartwandig, fleischig und von einfach polyedrischen Formen sind, endlich eine innere Parenchymschicht, deren Zellen mehr oder weniger verdickt, lederartig oder holzig, stets in die Länge gestreckt sind[1])." — Ausserdem finden sich bei ihm noch zerstreute Beobachtungen über die Natur der einzelnen Gewebe.

Weitere hierher gehörige Untersuchungen sind mir weder aus den allgemeinen Werken von Decandolle, Meyen, Treviranus, Hartig, Schacht u. A., noch aus Gärtner's grossem Werke „De fructibus et seminibus" bekannt.

Die richtigen Abbildungen und Beschreibungen des Baues officineller Früchte, die Berg wiederholt, zuletzt in seinem „anatomischen Atlas der pharmazeutischen Waarenkunde" (S. 81—89 und Taf. XXXXI ff.) gegeben hat, entbehren eines vergleichend anatomischen Charakters.

Nach Erwähnung dieser Vorarbeiten komme ich zu meinen eigenen Untersuchungen; diese behandeln den Bau der Pericarpien von Schliess-, Kapsel- und Theilfrüchten. In einem allgemeinen Theile wurden die Resultate der Untersuchung zusammengestellt, Bemerkungen zu den einzelnen Früchten in einen speciellen Theil verwiesen.

Betreffs der Untersuchungsmethode sei erwähnt, dass die Früchte meist im halbreifen Zustande beobachtet wurden, und dass sich darauf auch die Angaben über Zellinhalt u. s. w. beziehen; damit wurden aber stets die reifen Früchte verglichen.

---

1) Grundzüge 4. Aufl. S. 542 ff.

I. Allgemeiner Theil.

1. Ueber den Pericarpienbau im Allgemeinen.

Nach den Angaben von A. Richard und Schleiden könnte es scheinen, als habe die Natur beim Aufbau der Fruchtschalen einen einheitlichen Plan verfolgt. Ersterer gibt nämlich an, dass jedes Pericarp aus 3 Schichten, dem Epi-, Meso- und Endocarpium bestehe; letzterer lässt das Pericarp aus den oben genannten 4 Geweben zusammengesetzt sein.

Allein keines von beiden ist allgemein richtig; vielmehr herrscht im Bau des Fruchtblatts wie in dem des Laubblatts [1]) eine ziemliche Mannigfaltigkeit, und wenn man auch gewöhnlich 3 oder 4 verschiedene Gewebe in demselben unterscheidet, so finden sich doch auch mehrere, und endlich auch solche Pericarpien, in denen eine Eintheilung der Gewebe in regelmässig auf einander folgende Schichten unausführbar wird.

Die einfachste Structur zeigen einige Chenopodiaceen-Früchte, insbesondere Salicornia herbacea, deren Pericarp nur aus 3 Zelllagen der Dicke nach besteht, aus der äusseren und inneren Epidermis und einer einzigen dazwischen liegenden Reihe von Parenchymzellen (Taf. VIII, Fig. 5—7). Einen Schritt weiter geht die Bildung z. B. bei den Gattungen Chenopodium und Urtica, wo die Mittelschicht aus 2 Zelllagen besteht. Alle Zellen sind dabei äusserst dünnwandig und die ganze Wand, wie es scheint, unfähig die eigentliche Function des Pericarps zu versehen, da sie zum Theil oder ganz von fortwachsenden Perigonen umgriffen werden.

Einen eben so einfachen Bau des Pericarps, aber dabei starkwandige Zellschichten besitzen die Plantagineen.

Von nun an aber tritt zwischen der einreihigen äusseren und inneren Epidermis stets eine mehrreihige Parenchymschicht auf, und übernimmt eine dieser Schichten, durch die Dickwandigkeit ihrer

---

1) Decandolle (Organogr. végét. v. Meissner I, 230; II, 4—5) hat die Richard'sche Dreitheilung auch auf das Laubblatt ausdehnen wollen, und darin eine besondere Stütze der Blattnatur der Pericarpien zu finden geglaubt; allein der analoge Bau zweier Organe beruht nicht auf ihrer morphologischen Identität. Haben doch auch flächenhafte Axen den Bau von Blattorganen (die blattartigen Zweige von Ruscus, Xylophylla u. s. w.).

Zellen befähigt, die Wandfestigung des Pericarps. Am seltensten kommt diese Function der Mittelschicht zu (Caricineen Taf. VIII, Fig. 15), häufiger der äusseren Epidermis (Juncaceen, Nepentheen, Alsineen, Sileneen, Polygoneen, Borragineen; Taf. VIII, Fig. 8 u. 13). Bei einigen Früchten erscheint sogar die Behaarung dem Gesammtpericarp gegenüber von solch' colossaler Entwicklung, dass man unwillkürlich an Linné's Worte denkt: „Pubescentia est Armatura plantae, qua ab externis injuriis defenditur" Philos. bot. 1751 p. 108. — Am häufigsten fungirt so die innere Epidermis (Rhinanthaceen, Monotropeen, Crassulaceen u. s. w.).

Gefunden wurde ein solch' dreitheiliger Bau des Pericarps bei folgenden Familien[1]): Rubiaceen, Rhinanthaceen, Monotropeen, Plantagineen, Droseraceen, Crassulaceen, Resedaceen, Polygoneen, Cistineen, Hypericineen, Malvaceen, Solaneen, Primulaceen, Liliaceen, Juncaceen, Cyperaceen, Nepentheen, dann bei einem Theil der Gentianeen, Rosaceen, Ranunculaceen, Umbelliferen, Scrophularineen, und Papaveraceen, während ein weiterer Theil letzterer Familien sich an den folgenden Typus anschliesst.

Bei einer weiteren sehr grossen Anzahl von Früchten tritt der Bau auf, den Schleiden als den alleinigen angenommen hatte. Es findet sich bei ihnen unter der äusseren Epidermis ein mehr oder weniger starkes Parenchym, wie bei den vorigen; zwischen diesem und der inneren Epidermis aber noch eine ein- oder mehrreihige Schicht dickwandiger, gewöhnlich prosenchymatischer Zellen. Diese Schicht dickwandiger Zellen, die Festigkeit der Pericarpien dieser Früchte wesentlich bedingend, ist nicht ohne Analogie bei den Laubblättern. Unter der Epidermis der Cycadeenfiedern habe ich (diese Jahrb. Bd. IV, Heft 3) prosenchymatische Zellen beschrieben, und Mettenius gibt solche bei den Hymenophyllaceen als „Sclerenchymzellen" an (Ueber die Hymenophyllaceae. Leipz. 1864. S. 18 ff.). Der Kürze halber will ich im Folgenden diese Zellschicht als Hartschicht bezeichnen, bemerke jedoch, dass, entwicklungsgeschichtlich betrachtet, unter diesen Zellen ein Unterschied in der Art herrscht, dass die prosenchymatische Hartschicht durch eine nochmalige Theilung der Zellen entstanden ist, die mit den Zellen der

1) Ich führe der Kürze halber hier und später die Familien auf, ohne damit mehr als einen Hinweis auf die unten aufgeführten Gattungen und Arten derselben geben zu wollen.



andern Gewebe gleichwerthig sind, während dies für die parenchymatische Hartschicht nicht gilt (das Nähere darüber s. unten). Gerade diese entwicklungsgeschichtliche Verschiedenheit schien vorläufig zu verbieten die Hartschicht mit den Sclerenchymzellen von Mettenius zu identificiren, von denen eine Entwicklungsgeschichte fehlt. — Nicht immer tritt die Hartschicht als eine continuirliche Lage auf, sie findet sich durch markstrahlartiges Parenchym bei Helianthus, durch das gewöhnliche Parenchym bei anderen Compositen in Bündel getrennt. —

Dieser viertheilige Bau findet sich neben den oben zuletzt genannten Familien bei Labiaten, Euphorbiaceen, Papilionaceen, Asclepiadeen, Celastrineen, Cruciferen, Fumariaceen, Juncagineen und Alismaceen.

Bei Cruciferen und Papaveraceen erscheint das Parenchym nicht selten mehr oder weniger deutlich in 2 Lagen geschieden, die sich durch Form oder Inhalt der Zellen unterscheiden. Auf diese Weise entstehen 5 differente Gewebe des Pericarps.

Die complicirtesten Pericarpien endlich besitzen die Achänien der Compositen, bei denen zwischen Hartschicht und Innenepidermis ein eigenes Gewebe sich findet. Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass sich diese Formen vermehren lassen, besonders durch Untersuchung der öfter viel complicirter gebauten tropischen Früchte. —

Nachdem wir hiermit den Bau der Pericarpien im Allgemeinen überschaut haben, betrachten wir die einzelnen Gewebe für sich.

2. Die äussere Epidermis.

Bei sämmtlichen untersuchten Früchten ist die äussere Epidermis vorhanden, nirgends dieselbe durch Korkbildung entfernt oder unterlagert, wie das z. B. bei selbst einjährigen Samenschuppen der Coniferen oder an den Knospendecken der Rosskastanie vorkommt.

In der grössten Mehrzahl der Fälle ist dieselbe von der Epidermis des Stengels (Taf. XI, Fig. 39—41) oder der Laubblätter (Taf. VIII, Fig. 4; Taf. XI, Fig. 38) nach Form und Inhalt der Zellen wenig unterschieden, je nachdem die Früchte lineare oder flächenhafte Form besitzen. Diese geringe Abweichung findet sich besonders da, wo die Epidermis ein bis zur Fruchtreife chlorophyllreiches Gewebe überlagert[1]), und für das Fruchtleben keine, oder vielmehr nur ihre allgemeine Function der Verkehrshemmung nach Aussen und des Gas-

1) Vgl. darüber unten.

austausches hat, wie z. B. bei Cruciferen, Papilionaceen. Sie besitzt dann zahlreiche, gewöhnlich regellos vertheilte, selten nach einer Richtung gestellte, oder linear gereihte Spaltöffnungen [1]). Die Form der Zellen ist, von der Fläche gesehen [2]), mehr oder weniger isodiametrisch polygonal mit geraden Contouren bei Rubiaceen, Rhinanthaceen, Euphorbiaceen, Rosaceen, Cyperaceen, Compositen, Liliaceen u. s. w. [3]), mit geschlängelten Contouren bei Veronica, den Siliculosis und Ranunculaceen; gestreckt in der Richtung der Fruchtachse bei den Siliquosis und Gentianeen.

Ganz abweichend ist dagegen die Epidermis da, wo sie einen wesentlichen Theil der Wandfestigkeit der Frucht bedingt, wie bei den festen Kapseln der Sileneen, Alsineen, Juncaceen, Cistineen und Nepentheen und den Früchten der sogenannten nacktsamigen Familien.

Bei den erstern ist die spaltöffnungslose Epidermis aus Zellen mit colossaler nach Aussen gerichteter Verdickung gebildet (Taf. VIII, Fig. 8—10 u. 13 u. 14) und zwar meist so, dass mit von der Basis gegen die Spitze der Frucht zunehmender Verdickung der äusseren Zellwand der radiale Durchmesser der Zellen bedeutend wächst.

Die samenähnlichen Schliessfrüchte der Polygoneen und Borragineen besitzen eine Zellform, die bei Samen ausserordentlich häufig ist, nämlich senkrecht zur Fläche der Frucht gestellte Säulenzellen, deren Wandungen oft geschlängelt erscheinen (Taf. VIII, Fig. 11 und 12); andrerseits finden sich bei Labiaten Spiral- und Netzfaserverdickungen der zierlichsten Art.

Vom Inhalte sei nur Folgendes erwähnt.

Chlorophyll kommt in der Epidermis der Früchte nicht selten, wie in den Epidermen andrer Organe vor; so bei Cruciferen

---

1) Linear gereihte bei Triglochin, bestimmt gerichtete bei Cruciferen und Papilionaceen. Gefunden wurden Spaltöffnungen weiter bei: Rubiaceen, Rhinanthaceen, Oleaceen, Euphorbiaceen, Ranunculaceen, Asclepiadeen, Scrophularineen, Celastrineen, Resedaceen, Malvaceen, Umbelliferen, Papaveraceen, Liliaceen und Alismaceen.

2) Die Formangaben der Epidermiszellen beziehen sich stets auf die Flächenansicht.

3) Beeren und Steinfrüchte besitzen meist sehr kleine, polygonale Zellchen mit hyalinen Wandungen (Vitis, Sorbus, Rubus, Ligustrum, Rhamnus, Cornus, Sambucus, Viburnum, Ribes, Cucumis, Convallaria), ebenso die meisten grossen trocknen und Scheinfrüchte (Rosa, Papaver, Cynanchum, Syringa, Fraxinus). Vgl. Taf. XI, Fig. 42—44.

und Labiaten, bei letzteren besonders reichlich, bei Stachys sylvatica neben Stärkmehl.

Gerbstoff, der gewöhnliche Begleiter der Epidermen (Wigand, Bot. Ztg. 1862 S. 121) findet sich häufig in der Fruchtepidermis. Z. B. in dieser allein bei Fragaria, Papaver, Ranunculus, Daucus, Geranium, Nigella, Delphinium, Evonymus; dazu auch im Parenchym bei Lysimachia, Rumex, Syringa; in allen Theilen bei Juncus. Gerbstoffleer finde ich Phaseolus, Malope, Capsella und andere Cruciferen, Viola tricolor (während die Samenepidermen reich an Gerbstoff sind)[1]).

Mit dem Vorkommen des Gerbstoffs scheint eng zusammen zu hängen die Braunfärbung trockner Gewebe; auffallend ist wenigstens, dass die im trocknen Zustande sehr bleichen Gewebe der Gramineen, Cruciferen- und mancher Papilionaceen-Früchte (Phaseolus) zugleich gerbstoffleer sind, während sich in allen braunen Geweben deutlich Grün- oder Blaufärbung mit Eisensalzen einstellt[2]). Wahrscheinlich ist der braune Stoff das Derivat des schon in der lebenden Pflanze vorhandenen Gerbstoffs. Häufig ist in der lebenden Pflanze der Gerbstoff nur auf bestimmte Zellen beschränkt und diffundirt erst nach dem Tode der Zelle in die Umgebung. So findet sich z. B. in der fast reifen, aber noch saftigen Zapfenschuppe der Cypresse Gerbstoff nur in der Epidermis, der darunter liegenden Zellreihe, im Mittelgewebe aber nur in zerstreuten einzelnen Zellen, endlich um die Harzgänge kranzartig angeordnet. In der reifen Schuppe ist das ganze dünnwandige Gewebe braun und gerbstoffhaltig.

Der anatomische Grund der braunen Färbung wird meines Wissens von Meyen ganz allein erwähnt. Dieser sagt (Phytot. 140): „Die braune Farbe, die die Zellen der Rinde und zuweilen die des Markes in Bäumen und Sträuchern annehmen, ist allbekannt, die Natur des Stoffes ist aber noch unerforscht. Derselbe scheint nicht nur auf die Innenfläche der Zellmembranen niedergeschlagen zu sein, sondern zuweilen innig die Membran zu durchdringen. Das Erscheinen der Zellen des Markes in den Ephedra-Arten, die mit einer braunen Materie angefüllt sind, ist höchst auffallend, sowie auch in

1) Die Samenhäute lebhaft gefärbter Samen reagiren häufig gegen Eisensalze blau oder grün (Abrus precatorius, Adenanthera, Ricinus, alle gefärbten Phaseolus-Sorten, nicht die weissen).

2) Es muss bemerkt werden, dass die Bezeichnung „Gerbstoff“ in dem in der Microchemie gebräuchlichen Sinne genommen ist, in welchem er wohl ein Sammelname für verschiedene Glieder der Gerbsäuren ist.



den langgestreckten Zellen, die die Spiralröhrenbündel in einigen Gattungen der Farne umschliessen. Dieser braune Stoff scheint in beiden Fällen nicht harziger Natur zu sein, Weingeist löst ihn nicht." — In der That ist entweder die Wand der Zellen braun gefärbt (Carpelle der Juncaceen, „Sclerenchymzellen" der Farne, Deckschuppen der Knospen, Spreuschuppen, Ringzellen der Sporangien u. s. w.), manchmal nur die inneren Schichten der Membran (Epidermis der Wachholderbeere), oder es rührt die Färbung vom Inhalt, und zwar ist derselbe entweder eine einzige homogene Masse (Epidermiszellen der Frucht von Luzula, u. a.; s. diese Jahrb. IV, Heft 3), oder kuglige, oft der Wand anklebende Tropfen (Markstrahlen, Holzparenchym, Mark zahlloser Hölzer, sogar fossiler, Epidermis von Farnen u. s. w.); oder endlich er bildet einen feinen hautartigen Ueberzug über der unversehrten Cellulosemembran (Mark, trockne Blätter u. s. w.) —

3. Die innere Epidermis.

Im Fruchtknoten ist die Höhle stets von einer mit Cuticula versehenen Zellreihe ausgekleidet, welche alle Charaktere der Epidermis besitzt und solche auch in der Frucht beibehält.

Nur in wenigen Fällen geht dieselbe bei der Reifungzu Grunde, z. B. bei Polygonum und Beta; in allen übrigen wurde sie noch in der reifen Frucht, oft freilich unscheinbar, vorgefunden. Solch' unscheinbare Epidermen bestehen aus plattpolygonalen, isodiametrischen, sehr dünnwandigen Zellen bei Asperula, Sileneen, Alsineen u. s. w.; auch der hyaline Sack, welcher bei Nigella die Samen umhüllt, ist eine solche während der Reife vom Pericarp getrennte Innenepidermis.

Wenn die Innenepidermis dickwandig wird und ein wesentliches Moment der Festigkeit des Pericarps bildet, ist dieselbe seltener isodiametrisch (Plantagineen, Reseda, Delphinium, Triglochin, Sedum, Veronica u. s. w.), zugleich mit geschlängelten Contouren; gewöhnlich nimmt sie alsdann gestreckte Form an, von der rechteckigen (Taf. X, Fig. 33 und Taf. IX, Fig. 23) bis zur exquisiten Prosenchymzelle (Taf XI, Fig. 36).

An solchen Zellen muss man das Verhalten der Längsdurchmesser sowohl der Zellen unter sich, als in Bezug auf den Längsdurchmesser der Frucht und den der umgebenden prosenchymatischen Gewebe unterscheiden. In ersterer Beziehung kommen zwei Fälle vor: einmal liegen die Durchmesser sämmtlicher Zellen unter sich parallel,

wie dies beim Holz, Bast, Sclerenchym u. s. w. der gewöhnliche Fall; so die Innenepidermis der Liliaceen-Kapseln u. s. w. Im zweiten Falle aber sind nur neben einander liegende Zellgruppen parallel, während die Durchmesser einer anliegenden Gruppe mit ihnen einen bald grössern bald kleinern Winkel bildet. Auf diese Weise entstehen Plättchen von 2—20 und mehr[1]) parallelen Zellen, aus denen „mosaikartig" die ganze Innenepidermis gebildet wird (Taf. X, Fig. 32 und Taf. XI, Fig. 37). — Diese Einrichtung, so auffallend sie bei Fruchtepidermen hervortritt, ist diesen nicht eigenthümlich; man kann sie, freilich minder schön, bei den Blattepidermen und Oberhäuten von Samen wieder finden.

Betrachtet man die Richtung der Prosenchymzellen der Epidermis im Verhältniss zur Fruchtachse, so kann diese mit der Axe der Frucht zusammenfallen (Taf. XI, Fig. 36) bei Glaucium, Melampyrum, oder gegen dieselbe mehr weniger quergestellt sein (Taf. IX, Fig. 25), Liliaceen, Cruciferen u. a. Bei gefächerten Früchten laufen die Zellen öfter vom inneren Fachwinkel und unten, nach Oben und Aussen (Euphorbiaceen, Evonymus).

In Bezug auf andere prosenchymatische Gewebe kommt nur die prosenchymatische Hartschicht in Betracht, mit deren Zellen die der Innenepidermis bald parallel wie bei Erythraea Centaurium, bald divergend wie bei Antirrhinum laufen.

Die Verdickungsform der Wände ist fast durchgehend die poröse. Die Poren gewöhnlich ohne auffallende Bildung, bei Papaver sind dieselben geschlitzt und mit denen der anliegenden Zelle über Kreuz gestellt, bei Gentiana zeichnen sie sich durch ihre Grösse aus. Gegen die freie Innenseite hin habe ich dieselben selten gefunden (Adonis). — Netzfaserig sind die Zellen von Chelidonium (Taf. IX, Fig. 20—22).

Vom Inhalte ist das reichliche Chlorophyll der Papilionaceen und Labiaten, und die Krystalle bei Geum urbanum merkwürdig.

Spaltöffnungen in der Fruchthöhle sind bereits von Schleiden bei Reseda, Passiflora und Cruciferen erwähnt worden; ich habe sie auch bei Datura und den Papaveraceen (Papaver, Glaucium, Eschscholtzia) gefunden. Bei Glaucium sind dieselben in Längs-

---

1) Im Allgemeinen lagern sich um so mehr Zellen zu einem Plättchen parallel zusammen, je schmäler die Zellen sind. Nach einer Beobachtung an der Samenepidermis von Aethusa Cynapium, die ebenfalls aus solchen Plättchen besteht, scheinen diese parallelen Zellen (Plättchen) Abkömmlinge einer Mutterzelle zu sein.



reihen gestellt und durch kurze Zellen von einander getrennt (Taf. XI, Fig. 36).

Haare in der Fruchthöhle waren für die Leguminosen schon Malpighi bekannt (vgl. Einl. und Decandolle a. a. O. I, 110). Hier sind dieselben dünnwandig und hinfällig. Mehrzellige Drüsenhaare finden sich bei Sterculia, einzellige dickwandige Sternhaare bei Cruciferen (Erysimum strictum).

Zum Schlusse sei hier noch einer Erscheinung gedacht, an welche die Innenseiten gewisser Früchte lebhafter erinnern, als andere Pflanzentheile, nämlich des verschiedenartigen Glanzes der Pflanzen. Der Glanz, in der Mineralogie von hoher Bedeutung, hat von dorther auch seine erste wissenschaftliche Erklärung (durch Haidinger) gefunden; in der Pflanzenwelt ist derselbe auf seine verschiedenen Arten noch nicht untersucht worden[1]; deshalb seien folgende Bemerkungen erlaubt.

Weitaus die häufigste Art des Glanzes im Pflanzenreich ist der Fettglanz. Er wird in der Systematik schlechthin als „Glanz“ bezeichnet und auf ihn beziehen sich die Epitheta nitens, nitidus u. s. w. Der lebhafte Glanz lederartiger Blätter (Ilex, Myrtus, Camellia, Coffea u. s. w.), der Glanz der meisten Epidermen, der Samen u. s. w. gehört hierher. — Hier wie in der Mineralogie ist derselbe vorwiegend an gelbe und grüne Farben gebunden.

Der Seidenglanz, bekanntlich in faseriger Structur oder Streifung begründet, ist demnach da zu suchen, wo faserförmige Zellen sich finden. Er findet sich auch an Hut und Strunk vieler (trocknender) Pilze, an den Haarschöpfen der Compositen (Cirsien), der Asclepiadeensamen (Asclepias syriaca, Cynanchum), an gewissen Proteaceenblättern, im Innern vieler Kapseln (besonders der Liliaceen); an Bastzellen (gebrauchtes Leinen, Cort. Mezerei), am Holze pathologisch zur Zeit eines bestimmten Vermoderungsgrades, wo die Zellen einen hohen Grad der Dünnwandigkeit erreicht haben. — Beiwort sericeus der Systematik.

Metallglanz endlich ist viel seltener als der vorige und kommt bei schuppenförmiger Absonderung gewisser Gewebetheile vor. An den Epidermisschuppen der Blätter des Oelbaums, von Elaeagnus, Hippophaë; an getrockneten Rinden: Cort. Salicis und Hippocastani (Schleiden, Pharmacogn. 202; Wigand, Pharmacogn. 104), Cort. Quercus und Pruni Padi, am schönsten habe ich ihn ge-

1) Wenigstens finde ich ihn in der einzigen hierher gehörigen Arbeit von Wigand „Ueber die Oberfläche der Gewächse“ (Bot. Ztg. 1850, S. 409 ff.) nicht erwähnt.

sehen an einer falschen Alcornoc-Rinde (Nr. 379 d. Samml. d. Univ. Würzburg).

4. Das Parenchym.

Darunter verstehe ich das zwischen der äussern und innern Epidermis oder zwischen der erstern und der Hartschicht befindliche, parenchymatische Gewebe, welches steter Träger der Gefässbündel und vorhandener „Secretionsorgane" ist.

Die Mächtigkeit desselben geht von der einreihigen Zellschicht bei Salicornia und Plantago, durch die zweireihige bei Chenopodium und Urtica, zu einer etwas stärkeren bei Labiaten, Rhinanthaceen, Rubiaceen, und wächst mit den Euphorbiaceen, Ranunculaceen, Cruciferen, allmählich bei Papilionaceen, Oleaceen, Papaveraceen, Solaneen und Liliaceen zu einer Mächtigkeit, die mitunter die Stärke und Festigkeit des Pericarps bedingt (vgl. Taf. VIII, Fig. 1, 8; Taf. IX, Fig. 20 u. 24; Fig. 18; Taf. X, Fig. 30).

Die Zellen dieses Gewebes sind theils dünnwandig und rundlich polygonal (Ranunculaceen, Euphorbiaceen, Hypericineen, Papilionaceen); theils in der Fruchtachse gestreckt (Oleaceen, Cruciferen), dabei geschlängelter Wandung (Chenopodiaceen Taf. VIII, Fig. 3); theils dickwandig und porös, wie bei Evonymus und Papaver. Meistentheils enthalten sie Chlorophyll und zwischen sich Intercellulargas [1]), seltener sind sie chlorophyllleer, bei einigen Labiaten und den meisten Compositen.

Doch nicht in allen Fällen ist das Parenchym vollständig gleichartig. Bei vielen Fruchtschalen sind die der äusseren Epidermis näheren Zellen enger als die nach innen gelegenen (Taf. IX, Fig. 24), bei andern umgekehrt (Taf. X, Fig. 30). Meist unterscheiden sich äussere und innere Zellen durch den Inhalt, in einigen Fällen nur quantitativ (Papaver, Evonymus u. a., wo die äusseren Zellen chlorophyllreicher sind), in andern dagegen qualitativ, wie bei Chenopodium (Taf. VIII, Fig. 1) und Urtica, wo die innere Zellreihe Krystalldrusen enthält. Bei den Polygoneen (Taf. VIII, Fig. 11) sind äusseres und inneres Parenchym nach Form und Inhalt verschieden; noch auffallender bei einigen Cruciferen (Isatis, Hesperis, Brassica), wo die innern Zellen dickwandig und porös sind.

1) Rubiaceen, Gentianeen, Rhinanthaceen, Oleaceen, Euphorbiaceen. Rosaceen (z. Th.), Plantagineen, Papilionaceen, Ranunculaceen, Sileneen, Alsineen, Crassulaceen u. s. w.



Bei Polygonum schwindet der innere, grosszellige Theil des Parenchyms, mit der inneren Epidermis zur Zeit der Reife.

Krystallschicht. Es ist eine in den Blattorganen nicht seltene Erscheinung, dass ganze zusammenhängende Lagen von Zellen mit Krystallen gefüllt sind (Laubblätter von Ribes grossularia; Kelchblätter von Geranium Robertianum u. s. w.). Dieselben treten schon sehr früh, gewöhnlich zuerst in der Nähe der ersten Spiralgefässe auf und verbreiten sich von da allseitig. — Auffallend kommen solche Krystallschichten in den Pericarpien einer Anzahl von Pflanzen vor (Chenopodiaceen, Urticeen, Rosaceen, Ranunculaceen, Malvaceen, Labiaten). Die Krystalle finden sich entweder in dünnwandigen Zellen (Spiraea, Agrimonia, Ranunculus, Chenopodium, Urtica, Malva) oder in Steinzellen (Fragaria, Potentilla, Beta). Mitunter gehören diese dickwandigen Zellen der Hartschicht an (Labiaten, Lappa); bei Geum hält, wie erwähnt, die Innenepidermis Krystalle. — Gewöhnlich sind es einfache Krystalle, seltener Drusen (Chenopodium, Urtica) —

5. Die Hartschicht.

Im Vorhergehenden ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden, dass jedes einzelne Gewebe des Pericarps für sich fähig ist, bei der Festigung der Pericarpialwände die Hauptrolle zu spielen: die beiden Epidermen durch ihre Dickwandigkeit, das parenchymatische Mittelgewebe durch die Mächtigkeit seiner Zellreihen, insbesondere wenn dieselben einige Wanddicke oder unter der Aussenepidermis einen collenchymatischen Charakter besitzen (Papaver u. s. w.) — Auch die Gefässbündel können wesentliche Stützen des Pericarps sein (Glaucium, Eschscholtzia, Fraxinus, Campanula); bei den Umbelliferen sind es nicht sowohl die Elemente des Gefässbündels als das sie umgebende Gewebe zierlicher Spiral- und Netzfaserzellen, welches das Pericarp stützt.

Das oben mit dem Namen der Hartschicht belegte Gewebe scheint vorzugsweise dafür bestimmt zu sein, dem Pericarp die für den Samenschutz nöthige Festigkeit und Steifheit zu verleihen, vielleicht auch die Samenhöhle, die Stätte lebhafter Zellbildung, zu verdunkeln. Wie bemerkt ist dasselbe nicht immer eine zusammenhängende Schicht, sondern manchmal durch Parenchym in Bündel geschieden (Taraxacum, Helianthus); vielleicht sind hieher auch die Prosenchymbündel zu rechnen, die unter der äussern Epidermis von Cynanchum liegen. Doch sind dies ungewöhnliche Fälle; zumeist bildet die Hartschicht

eine zusammenhängende Lage dickwandiger Zellen, parenchymatischer oder prosenchymatischer Natur, die unter der Innenepidermis durch das ganze Pericarp gelagert ist.

Die prosenchymatischen Hartschichtzellen haben alle Formen von den parenchymähnlichen bis zur exquisiten Faser (Taf. IX, Fig. 25; Taf. X, Fig. 31). Auch die Wanddicke wechselt, wovon besonders bei Cruciferen und Papilionaceen sich Beispiele finden. Die Gestalt derselben ist regelmässig, so lange dieselben unter einander parallel laufen (Taf. IX, Fig. 25); die Anordnung derselben in „Plättchen", welche bei ihnen so häufig ist als bei den Innenepidermen, veranlasst in den Grenzzellen der Plättchen Formverschiedenheiten (Taf. X, Fig. 32); sehr unregelmässig wird die Form, wenn die Hartschicht mehrreihig ist und die einzelnen Zellreihen in einander übergreifen (Spinacia, Syringa; Taf. X, Fig. 29.) — In Bezug auf die Richtung derselben sind die oben angegebenen drei Momente zu berücksichtigen. Als Beispiele unter sich paralleler Hartschichtzellen führe ich die Siliquosae (Taf. IX, Fig. 25), für die divergenten die Siliculosae und Taf. X, Fig. 30 an. Hierher gehören auch die merkwürdigen Hartschichten der Euphorbiaceen. Bei ihnen, z. B. bei Mercurialis, besteht die Hartschicht aus 2 Zellreihen, einer äusseren parallel-prosenchymatischen und einer inneren, deren Zellen gegen die vorigen und die Fruchtfläche senkrecht gestellte prismatische Säulen sind (Taf. X, Fig. 30—31). — Parallel mit der Fruchtachse gehen die Zellen bei den Siliquosis, quer dagegen bei Erythraea und Antirrhinum, schief bei den Papilionaceen.

Zwischen prosenchymatischen Hartschichtzellen und parenchymatischen ist eine scharfe Grenze nicht zu ziehen. Besonders bei den Compositen finden sich Uebergänge von eigenthümlich schief gestellten Säulenzellen (Taf. IX, Fig. 27) zu den Zellen, wie sie den Labiaten häufig zukommen, nämlich eine Reihe regelmässig aneinander geschobener, meist einseitig stärker verdickter Steinzellen (Aster). Diesen ähnlich sind auch die Zellen bei Linaria und bei Antirrhinum in den Sprunghöckern. Daran reihen sich endlich die Steinzellen von Verbascum und Adonis, die dem verdickten Parenchym, welches unter der äusseren Epidermis, z. B. der Sileneen, liegt, ausserordentlich ähnlich sind. Der Unterschied zwischen beiden ist ausser dem Lageunterschiede nur darin gegründet, dass bei den letzteren die dickwandigen Zellen keine scharfe Grenze nach Innen besitzen.

6. Anatomische Bemerkungen über die Trennungslinie bei der Dehiscenz.

Es kommt im Ganzen selten vor, dass der Ort, an welchem das Fruchtgewebe zur Reifezeit berstet, nur im Allgemeinen anatomisch bestimmt ist, und der Weg des Risses unangedeutet, folglich schwankend bleibt. In allen untersuchten Fällen traf sich das nur bei der Gattung Antirrhinum, wo die Stelle der Kapsel nur allgemein durch die Wölbungen der Spitze bezeichnet ist, in diesen selbst aber der Riss fast an beliebiger Stelle erfolgen kann. (Das Nähere vgl. bei Antirrhinum). Sonst überall ist die Trennungslinie genau anatomisch markirt, und zwar durch eine, seltener mehrere das Pericarpialgewebe quer durchsetzende Zellreihen besonderer Bildung, deren Differenzirung gleichzeitig mit der allgemeinen Gewebedifferenzirung des angelegten Fruchtknotens vor sich geht, und nicht erst das Resultat einer späteren Lebensthätigkeit ist, wie die rundzellige Trennungsschicht beim Blattfall.

Meistentheils ist die Trennungslinie schon äusserlich durch eine Einziehung der Epidermis (Naht der älteren Autoren) angedeutet, und in den Zellen derselben verschiedenartig vorbereitet. Die eigentliche Nahtfurche fällt nämlich in die Intercellularlinie der sie begrenzenden Epidermiszellreihen und gegen diese hin sind die Zellformen mannigfach geändert. So werden z. B. bei den Papilionaceen die Zellen isodiametrisch und dünnwandig; bei Alsineen und Sileneen radial niederer, aber länger und gegen die Furche selbst einseitig verdickt. Eine eigenthümliche Verdickung tritt bei Verbascum an sämmtlichen Zellen gegen die Spitze der Kapsel auf (vgl. unten). — Auch die innere Epidermis ist öfter eingezogen, oder ihre Zellen anders gerichtet, z. B. bei Sedum, Mercurialis u. A. — Die Hartlagezellen setzen an dieser Stelle ab, gewöhnlich mit Aenderung ihrer Richtung, wenn sie prosenchymatisch sind und nicht in der Richtung des Risses laufen (Papilionaceen u. a.). Bei den Euphorbiaceen nehmen die Pallisadenzellen der Hartschicht an Höhe ab; bei Linaria findet sich an der Sprungsstelle ein nach aussen offener keilförmiger Ausschnitt in der steinzellähnlichen Hartschicht; bei Antirrhinum erleiden Innenepidermis und Hartschicht eigenthümliche Veränderung (vgl. unten).

Mitunter macht die eine der Epidermen oder beide zugleich eine so tiefe Einziehung, dass zwischen ihnen ein weiteres Gewebe an der Trennungsstelle fehlt, und es beschränkt sich dann der Riss auf ein

Einreissen der beiden Epidermen. Meistentheils bleibt jedoch zwischen denselben noch Parenchym stehen, welches, wie bereits erwähnt, von dem umgebenden Parenchym verschieden ist. Diese querdurchsetzende Schicht besteht bald aus dünnwandigen, prosenchymatischen Zellen (Erythraea), bald aus parenchymatischen (Cruciferen, Papaveraceen), bald aus collenchymähnlich verdickten Zellen Delphinium, (Papilionaceen, Veronica u. s. w.), und ist, wenn nicht wie meist, chlorophyllleer, doch sehr chlorophyllarm. Bei einigen Familien (Alsineen, Sileneen, Liliaceen) liegt in der Rissstelle statt dieser Zellen ein mehr weniger zartes Gefässbündel. Nicht immer, aber häufig wird dies Gewebe von dem dünnwandigen Parenchym der „Klappen" durch eine oder mehrere Reihen dickwandiger, bald parenchymatischer (Cruciferen), bald prosenchymatischer Zellen (Junceen, Taf. VIII, Fig. 8) begrenzt. Diese letzteren bilden dann später die Ränder der „Klappen". Bei den Papilionaceen u. A. bilden die prosenchymatischen Elemente der Gefässbündel die Grenzen der beiden Klappen.

In allen untersuchten Fällen erfolgt die Trennung des Gewebes durch Auseinanderweichen, nirgends durch Schwund des Gewebes [1]), selbst da nicht, wo es vielleicht zu erwarten stand, beim sogenannten löcherigen Aufspringen, das, wenigstens bei Papaver, Antirrhinum und Campanula, nur ein Aufspringen mit klaffenden Rissen ist.

7. Zur Entwicklungsgeschichte der Pericarpialgewebe.

Im Allgemeinen sind zur Zeit der Blüthe sämmtliche Gewebe der Frucht angelegt und die ganze Entwicklung des Pericarps besteht von der Blüthe an in der Ausbildung der Gewebe. So fand ich es bei Labiaten (vgl. Taf. IX, Fig. 26), Umbelliferen, Triglochin, Spiraea, Verbascum, Linaria, Plantago, Allium, Reseda, Chenopodium (vgl. Taf. VIII, Fig. 1), Borragineen, Juncaceen, Sileneen, Polygonum (vgl. Taf. VIII, Fig. 11) und Cruciferen. In den genannten Pflanzen geschieht die Anlage sämmtlicher späterer Zellreihen schon mit der Anlage des Frucht-

1) Das Zerreissen von Geweben überhaupt geht meist in der Intercellularsubstanz vor sich, besonders bei dickwandigen Elementen (Herbstholz, dicke Epidermen, Steingewebe) und saftstrotzenden Zellen (Blätter, Parenchym u. s. w.). Dürres, trockenhäutiges Gewebe reisst meistens an beliebigen Stellen. — Auch die Löcherantheren der Solaneen springen mit klaffendem Spitzenriss auf, der allein von Spiralfaserzellen unter der Epidermis umgeben ist (Solanum tuberosum, nigrum, Pseudocapsicum). Daher rühren die Angaben, die Antherenwand sei total spiralfaserfrei (H. v. Mohl, Verm. Schr. S. 63; Schacht, Lehrb. II, 491).

knotens selbst, nur die prosenchymatischen Hartlagezellen entstehen durch Bildung radialer Scheidewände in den Mutterzellen erst kurz vor Oeffnung der Blüthe (Cruciferen, Spiraea). Ja bei den Papilionaceen schiebt sich die Vollendung der endgültigen Reihezahl beträchtlich über die Blüthezeit hinaus (das Nähere vgl. unten).

Diese Thatsachen lassen sich sehr gut für die jüngst von Sachs geltend gemachte Ansicht [1]) verwerthen, dass sich die Neubildung von Organen und Geweben in der Regel dem Licht entzieht; und die Papilionaceen sprechen nicht dagegen, sondern dafür, indem gerade bei ihnen der Fruchtknoten in die Carina selbst zur Blüthezeit und etwas nach derselben eingehüllt bleibt [2]).

Das Chlorophyll des Parenchyms ist zur Blüthezeit stets vorhanden, und die Spaltöffnungen der äusseren Epidermis meist vollendet (Ranunculaceen, Cruciferen, Verbascum u. A.); bei Reseda dagegen in der untern Hälfte noch ganz unfertig. Die Spaltöffnungen der innern Epidermis sind noch weiter zurück; bei Passiflora dagegen zur Blüthezeit meist fertig.

Aus der Betrachtung der Pericarpialgewebe zur Blüthezeit ergibt sich auch, dass Beeren und Steinfrüchte zur selben Zeit von späteren Kapseln und Achänien nicht absolut verschieden sind. So zeichnen sich z. B. die Beeren von Solanum Pseudocapsicum und Lonicera Caprifolium vor andern 3theiligen Trockenfrüchten nur durch eine stärkere Parenchymschicht aus (bei ersterer Pflanze ist sie 10—12-, bei letzterer 6—8reihig). Bei Hedera Helix und Symphoricarpus racemosa findet sich eine prosenchymatische (bei Hedera ein-, bei Symphoricarpus mehrreihige) Hartschicht. — Die Steinbeeren von Rhamnus Frangula und Cornus sanguinea sind zur Blüthezeit wie 4theilige Trockenfrüchte gebildet; sie besitzen unter der Innenepidermis eine Hartschicht. Bei Cornus ist dieselbe parenchymatisch, vielreihig, krystallhaltig und vollständig angelegt; bei Rhamnus prosenchymatisch, in der Blüthe erst einreihig; sie bildet sich also gleich der Hartschicht der Papilionaceen erst später vollständig aus.

1) Experimentalphysiol. S. 30 f.

2) Hierfür spricht auch, dass die Zapfenschuppen der Coniferen nach der Blüthe sich schliessen und ihre Ränder durch dickwandige Papillen („Haltpapillen") fest ineinander fügen.

II. Specieller Theil.

Die untersuchten Früchte sind nach Familien geordnet, und im Allgemeinen von den einfachern zu den complicirtern fortgeschritten.

Chenopodiaceen.

Die Früchte dieser Familie, Gärtner's Utriculi, sind die einfachst gebauten; doch finden sich auch complicirtere (Beta, Spinacia). — Im Allgemeinen sind dieselben arm an Chlorophyll und Spaltöffnungen.

1. Salicornia herbacea L.

Die einfachst gebaute Frucht: die Zellen der äussern und innern Epidermis sehr dünnwandig, polygonal, gegen die papilläre Narbe gestreckt, enthalten spärliche, sehr kleine Chlorophyllkörnchen (Taf. VIII, Fig. 5 u. 6). Das Parenchym einreihig, rundzellig (Taf. VIII, Fig. 7). — Ohne Spaltöffnungen zur Reifezeit ist das Pericarp meist gänzlich verschwunden.

2. Chenopodium bonus Henricus L.

Zur Zeit der Halbreife deckt das Pericarp den schwarzen Samen als ein feineres, unter der Lupe grün geadertes Häutchen, welches von 2 Gefässbündeln meridianartig durchzogen wird, die von dem Parenchym dichter umsponnen sind und deshalb als grüne Streifen erscheinen.

Einen Theil des Querschnitts des Pericarps gibt Taf. VIII, Fig. 1. — Die Zellen der äussern und innern Epidermis fast gleich gestaltet, geschlängelt, in der Richtung der Fruchtachse gestreckt (Taf. VIII, Fig. 2 u. 4), mit spärlichem Chlorophyll. — Das Parenchym besteht aus einer eigenthümlich geformten, chlorophyllführenden äusseren Zellschicht (Taf. VIII, Fig. 3), und einer drusenführenden inneren, die aber zur Zeit der Fruchtreife meist verschwunden ist. —

In Bezug auf die Gewebefolge ganz gleich gebaut ist das Pericarp von Atriplex hortensis L. und hastata var. salina Wallr. In gleicher Hinsicht gehört hieher aus der Familie der Urticeen: Urtica dioica L. Bemerkenswerth ist hiebei das Vorkommen dreier, nah verwandter Säuren in unmittelbarer Nähe: die innere Parenchymreihe des Pericarps enthält die Drusen, die gewöhnlich für oxalsauren Kalk gelten; die Haare des Perigons enthalten zum Theil

Ameisensäure (als Brennhaare), zum Theil kohlensauren Kalk in der Wand eingelagert. Sie scheinen in einem genetischen Zusammenhange zu stehen.

3. Beta vulgaris Cicla L.

Die reife Frucht ist bekanntlich von dem fortwachsenden Perigon bis an die Spitze umschlossen. Eine solche „Verwachsung“ ist schon im Fruchtknoten, der noch frei ist, angedeutet, indem an der Basis, wo er mit dem Perigon, fortbildungsfähiges, jugendliches Gewebe liegt.

Von Innen nach Aussen besteht das Pericarp aus folgenden Geweben: Die Innenepidermis aus grossen, gestreckten Zellen, ist zur Reifezeit verschwunden, über ihr liegt, die ganze Samenhöhle umschliessend, ein kleinzelliges, krystallführendes Steinzellgewebe in mehreren Reihen; darauf folgt im unteren Theil ein Parenchym, welches zum Perigon gerechnet werden kann, im oberen freien Theil ein polygonales, dünnwandiges, farbloses Parenchym, das zur Reifezeit schrumpft.

4. Spinacia inermis Mch.

Wie bei der vorigen lassen sich 4 verschiedene Gewebe unterscheiden: Unter der aus grossen, polygonalen Zellen bestehenden Aussenepidermis liegen wenige Reihen dünnwandigen Parenchyms. Mächtig dagegen ist die Hartschicht entwickelt, und aus weiten, gestreckten porösen Zellen gebildet, die, in mehreren Reihen, sich kreuzende Züge bilden, von denen im Allgemeinen die äusseren quer, die inneren senkrecht verlaufen. Zwischen diesen Zellen und denen der Innenepidermis, die ebenfalls, gestreckt und porös, nach verschiedenen Richtungen laufen, findet sich eine Reihe cubischer, so stark verdickter Zellen, dass nur der eingeschlossene Krystall im Lumen Platz findet.

Resedaceen.

Reseda odorata L.

Zwischen der äusseren Epidermis, welche aus voluminösen, polygonalen, mit dicken, geschlängelten Cuticularstreifen versehenen Zellen mit zahlreichen grossen Spaltöffnungen besteht, und der inneren, deren Elemente quergelegt, recht- oder vieleckig sind, oft geschlängelte Wandung und zarte, in der Richtung der Fruchtachse laufende Cuticularstreifen haben, liegt ein mehrreihiges, dünnwandiges Chlorophyllparenchym.

Der Samenträger, mit centralem Gefässbündel, besteht aus rundlich polygonalen, hyalinen Zellen, die nach Innen als verschieden gestaltete Papillen entwickelt sind.

Da, wo die äussere Epidermis sich nach Innen auf die 3 Läppchen der Oeffnung umschlägt, besteht dieselbe aus kleineren, papillären Elementen. — Die innere Epidermis wird gegen den Samenträger hin isodiametrisch und geschlängelt wandig (Taf. XI, Fig. 34).

Malvaceen.

1. Malva vulgaris L.

Die äussere Epidermis besteht aus gewölbten, polygonalen Zellen, besitzt Spaltöffnungen und einzellige Haare, das mehrreihige dünnwandige Parenchym wird nach Innen enger, führt aussen Chlorophyll, in der innersten Zellreihe Krystalle. Die Innenepidermis besteht aus sehr dickwandigen, feinporösen, zwischen Parenchym und Prosenchym die Mitte haltenden Zellen, die in „Plättchen" geordnet sind.

2. Malope sp.

Das Parenchym ist farblos, dünner als das vorige, ohne zusammenhängende Krystallschicht, aber mit zahlreichen zerstreuten Drusen versehen. — In ähnlicher Weise verhält sich die Frucht der Althaea rosea L.

Rubiaceen.

Untersucht wurden nur Asperula odorata L. und Galium verum L. Die Hauptentwicklung fällt bei ersterer auf die Haare der aus kleinen, isodiametrischen, polygonalen Zellchen bestehenden äusseren Epidermis. Diese sind einzellig, gemshornförmig gekrümmt, massig verdickt und besitzen einen grünlichen Inhalt. Das chlorophyllführende Parenchym ist nur 2reihig. — Die Innenepidermis der äusseren ähnlich.

Crassulaceen.

Sedum purpurascens Koch.

Die äussere Epidermis ist ohne Spaltöffnungen, besteht aus grossen, etwas gestreckten Zellen mit längsgefalteter Cuticula; die innere Epidermis aus dickwandigen, geschlängelten Zellen; zwischen beiden liegen 2—4 Lagen dünnwandigen Chlorophyllparenchyms.

Die Sprungstelle auf der concaven Seite der gekrümmten Frucht gelegen, ist anatomisch durch eine Einziehung, Streckung und Wand-

verdünnung der beiderseitigen Epidermiszellen und im Parenchym durch eine dünnwandige, chlorophyllleere, gestrecke Zellreihe charakterisirt.

Rhinanthaceen.

Die beiden untersuchten Gattungen Melampyrum (pratense L.) und Euphrasia (officinalis L.) sind der vorigen ziemlich ähnlich.

Die erstere hat isodiametrische, die letztere gestreckte Epidermiszellen, beide nur 2—3 Reihen Chlorophyllparenchym. Die Innenepidermis ist im Gegensatz zu der vorigen aus prosenchymatischen Zellen gebildet, die bei ersterer nach der Fruchtachse, bei letzterer quer verlaufen und sehr schön in Plättchen geordnet sind. — In der Sprungstelle liegt ein zartes Gefässbündel, unter der eingezogenen Epidermis Collenchym.

Droseraceen.

1. Parnassia palustris L.

Der Silberglanz der Kapsel rührt von dem in der Mitte der Pericarpdicke schwammförmigen Parenchym. Die Innenepidermis besteht aus quergelegten, in Plättchen geordneten, prosenchymähnlichen, aber an den Enden gestutzten Zellen mit ziemlich dünnen Wänden.

2. Drosera rotundifolia L.

Das Hauptgewebe bildet die aus kleinpolygonalen dickwandigen Zellen bestehende äussere Epidermis.

Dem Bau nach gehören hierher auch Monotropa und Hypericum L. Beide sind, wie die vorigen, ohne Spaltöffnungen und die Innenepidermis stark entwickelt (Taf. X, Fig. 33). Die äussere Epidermis von Monotropa ist papillär erhoben, und mit zickzackförmigen Cuticularstreifen versehen. — Bei Hypericum (quadrangulum, perforatum) die Innenepidermis quer gestreckt, prosenchymatisch, die äussere polygonal, dünnwandig, das Parenchym gering, chlorophyll- und anthokyanhaltig, bei voriger wasserhell und sehr gerbstoffreich.

Plantagineen.

1. Pantago major L.

Die Festigkeit des Pericarps ist durch die Dickwandigkeit sämmtlicher Gewebe bedingt; äussere Epidermis und Mittelschicht (einreihig) bestehen aus rechteckigen, an der Spitze der Kapsel dickwandigeren Zellen; die innere Epidermis aus geschlängelten Zellen,

ist am meisten verdickt. Da, wo später der Querriss der Kapsel entsteht, werden die Zellen der 3 Gewebe rasch isodiametrisch oder etwas quer gestreckt und zwar zu 2—4 Horizontalreihen.

2. Plantago media L.

verhält sich fast genau wie Pl. major; bei Pl. lanceolata L. fällt die Hauptwanddicke auf die Mittelschicht, bei Pl. maritima L. auf Mittel- und Innenschicht.

Liliaceen.

1. Hemerocallis fulva L.

Unter den quer gestreckten, dünnwandigen, voluminösen und unter sich porösen Zellen der Aussenepidermis (die spärliche, quergelegte Spaltöffnungen hat) liegen wenige Reihen dünnwandigen Chlorophyllgewebes und auf diesen die prosenchymatischen, seidenglänzenden Innenepidermiszellen quer.

An der Rissstelle ist die Aussenepidermis eingezogen, die innere isodiametrisch, zwischen beiden ein Gefässbündel gelegen.

Die Scheidewände haben zwischen den beiden der genannten Innenepidermis gleichen Epidermen dünnwandiges Gewebe mit eingestreuten Steinzellen. Da, wo sie sich von einander trennen, sind sie durch braunwandiges Prosenchym begrenzt.

Bei anderen Hemerocallis-Arten (Dumortieri u. s. w.) ist das Mittelparenchym bedeutender. — Ganz ähnlich ist der Bau der Tulpenfrucht (Tulipa turcica).

2. Allium Cepa L.

Unter der spaltöffnungslosen, aus isodiametrischen Zellen gebildeten Epidermis liegen etwa 6 Reihen farblosen Parenchyms — daher der Silberglanz der Kapsel — dann 2 Reihen chlorophyllhaltigen. Die Innenepidermis aus quergestellten rhomboidischen Zellen.

3. Scilla maritima L.

Hier liegt im Gegensatz zu voriger das Chlorophyllparenchym aussen und die Aussenepidermis ist spaltöffnungsreich; die Innenepidermis sehr stark verdickt, aus fast prosenchymatischen Zellen gebildet.

4. Muscari comosum Mill.

Die beiden Epidermen bilden die Hauptmasse, sind der Zellform nach ganz gleich (gestreckt rechteckig oder rhomboidisch, verdickt,) im Verlaufe aber verschieden; die äussere läuft an jeder Klappe bei-



derseits schief von oben und aussen nach innen und unten gegen die Mittellinie derselben, die innere quer, wie bei den übrigen Liliaceen.

Solaneen.

Von ihnen schliesst sich Datura Stramonium nach seinem anatomischen Bau an die Liliaceen an. Die Hauptmasse des Gewebes der Kapsel bildet das Parenchym, welches unter der äussern aus kleinpolygonalen Zellen bestehenden Epidermis chlorophyllhaltig und enger, nach Innen chlorophyllarm und porös ist. Die Innenepidermis ist dünnwandig, die Zellen geschlängelt isodiametrisch und von zahlreichen grossen Spaltöffnungen durchsetzt.

Cyperaceen.

Die Früchte derselben sind besonders durch eine aus kleinen, aber dickwandigen Prosenchymzellen gebildete, verhältnissmässig sehr starke Mittelschicht ausgezeichnet (Taf. VIII, Fig. 15), von der auch die gelbliche Färbung der Früchte rührt. Die Aussenepidermis, polygonalzellig, verkieselt.

1. Carex acuta L.

Die Prosenchymzellen der Mittelschicht Taf. VIII, Fig. 16. — Die Innenepidermis besteht aus sehr voluminösen, querlaufenden, gestreckt rhomboidischen Zellen. Ganz gleich verhält sich Carex glauca Scop. u. a.

2. Rhynchospora alba Vahl.

Im Bau von den vorigen nicht verschieden. (Ebenfalls verkieselt.)

In den bisher aufgeführten Familien war die überwiegende Entwicklung eines Gewebes entweder nicht vorhanden, oder sie kam der Innenepidermis, und zuletzt bei den Cyperaceen der Mittelschicht zu; in den fünf folgenden Familien ist die äussere Epidermis überwiegend ausgebildet.

Polygoneen.

Das Mittelgewebe der reifen Frucht ist geschrumpft und nur ein Rest des Gewebes des Fruchtknotens (Taf. VIII, Fig. 11). Die Innenepidermis und der grosszellige innere Theil des Parenchyms sind zu Grunde gegangen.

1. Rumex crispus L.

Der Glanz der Frucht rührt von einer colossalen Cuticula, die braune Farbe von der Wandfarbe der gerbstoffhaltigen Epidermis- und Parenchymschichtzellen.

Die Epidermiszellen sind sternförmige, rundliche bis längliche Tafeln mit hyaliner Aussenwand. An den Kanten der Frucht nimmt die Schlängelung ab. Spaltöffnungslos. — Parenchymzellen prismatisch mit brauner Wand und Inhalt.

Eben so ist Rumex obtusifolius L. und ähnlich Rheum gebaut.

2. Polygonum Persicaria L.

Aeussere Epidermiszellen Taf. VIII, Fig. 12 a u. b. — Mittelschicht wie bei voriger. Die Gerbstoffvertheilung in der halbreifen Frucht ist folgende: In der äussern Epidermis findet sich wenig, sehr reichlich in den unmittelbar darunter befindlichen Zellen, gegen Innen fehlt der Gerbstoff gänzlich. —

Die Früchte von Polygonum Hydropiper, aviculare, dumetosum, Convolvulus L. sind ganz gleich gebaut. Die Frucht von P. Convolvulus ist deshalb „glanzlos", weil sie mit starken, unregelmässig ein- oder zweireihigen Zeilen von Cuticularwarzen besetzt sind.

3. Polygonum Fagopyrum L.

ist ganz abweichend von den Verwandten gebaut, indem die Hauptentwicklung nicht auf die Epidermis, sondern auf das darunter liegende Prosenchym fällt. Dieses ist aussen im Allgemeinen in mehreren Reihen quer angeordnet, innen längs verlaufend, so jedoch, dass von den Kanten her die Lagenzahl stets abnimmt und in der Längsfurche zwischen je 2 Kanten dies Gewebe vollständig fehlt. —

Borragineen.

Bei Borrago officinalis und Lycopsis arvensis L. besteht die äussere Epidermis aus senkrecht zur Fläche gestellten Säulenzellen mit dicken, geschlängelten und verkieselten Wandungen. Das Parenchym ist aussen chlorophyllhaltig, innen farblos, die Innenepidermis platt, unbedeutend. — Bei Lithospermum officinale L. sind dagegen die äusseren Epidermiszellen sehr nieder, kleinpolygonal, aber wie das darunter liegende Steingewebe verkieselt.

Juncaceen.

Die Aussenepidermis am stärksten entwickelt, meniskenförmig verdickt (Taf. VIII, Fig. 8). Mittelgewebe dünnwandig, wenigreihig; Innenepidermis unbedeutend. An der Trennungsstelle der Klappen liegt dickwandiges Prosenchym.

1. Juncus Gerardi Lois.

Epidermiszellen Taf. VIII, Fig. 8—10; sie werden nach oben kürzer und dickwandiger. — Die Zellen der innern Epidermis laufen schief von oben und aussen nach unten und innen. — Unverkieselt. —

Bei Juncus lamprocarpus Ehrh. ist der Bau derselbe, bei J. bufonius L. die Zellen der äussern Epidermis schwächer verdickt.

2. Luzula albida L.

Die intensiv roth gefärbten Schichten der äussern Epidermiszellen stark gerbstoffhaltig, wie bei voriger. Um Uebrigen der Bau gleich dem von Juncus.

Caryophylleen.

Darunter werden die Alsineen und Sileneen zusammengefasst, die nach der Fruchtanatomie nicht zu trennen sind. Die Kapseln dieser Gruppe sind ganz gleichförmig gebaut, die Hauptschicht stets die spaltöffnungslose äussere Epidermis, bei einem Theile auch das darunter befindliche Parenchym porös verdickt. — In der Trennungslinie der Zähne liegt ein feines Gefässbündel.

1. Saponaria officinalis L.

Die Zellen der Aussenepidermis, sechseckig, nehmen von der Basis gegen die Spitze der Kapsel an radialem Durchmesser, Länge und Verdickung stetig zu (Taf. VIII, Fig. 13 u. 14), daher rührt hier wie bei den folgenden die nach oben zunehmende Festigkeit der Kapsel. Unter sich sind die Zellen durch radial langgezogene Poren verbunden, wodurch die Wände ein Netzfaseransehen erhalten. In der Trennungsstelle zieht die Epidermis ein, die Zellen werden niederer und länger. An der Spitze des Zahnes sind die Zellen in Form eines Rhombus plötzlich fast bis zum Schwinden des Lumens verdickt und sehr porös. — Die polygonalen Innenepidermiszellen sind an der Sprunglinie ebenfalls gestreckt.

2. Stellaria media Vill.

Hier wie bei der vorigen das Parenchym nur 3—4reihig und dünnwandig; die äussere Epidermis aus sehr gracilen, gestreckten Zellchen, die an der Zahnspitze kürzer, gegen die Trennungslinie stärker verdickt sind; die innere aus isodiametrischen, geschlängelten, sehr zarten Zellen gebildet.

Hierher gehören auch die Kapseln von Lepigonum medium Wahlenb. und von Gypsophila muralis. Bei letzterer werden die Zellen an der Spitze ähnlich wie bei Saponaria, plötzlich dickwandig und spaltporig.

3. Spergula arvensis L.

bildet den Uebergang zu den folgenden, indem hier die Verdickung des subepidermoidalen Parenchyms schon in einiger Entfernung von der Kapselspitze auftritt, während bei vorhergehenden nur in der Zahnspitze selbst, und bei den folgenden fast durch die ganze Kapsellänge solch' verdicktes Parenchym sich findet. — Merkwürdig ist ferner die eigenthümliche Verdickungsweise der äusseren Wand der Epidermis. Betrachtet man nämlich die Zelle von der äusseren Fläche, so erscheint sie wie von derben Ringfasern besetzt; im Querschnitt erkennt man als Ursache halbmondförmige Verdickungsscheiben, die an der äusseren Wand mit ihrer convexen Seite ansitzen und mit der concaven coulissenartig in das Zelllumen vorspringen.

4. Silene inflata Sm.

Schon von der Kapselbasis an entwickelt sich ein gegen die Spitze successive stärker verdicktes Parenchym unter der äusseren Epidermis. Dies ist aber gegen das innen gelegene dünnwandige nicht scharf abgegrenzt (Taf. VIII, Fig. 13). An der Spitze nimmt es den ganzen Raum zwischen beiden Epidermen ein. —

Die Epidermiszellen sind hier, noch mehr aber bei S. livida enorm entwickelt, nach Aussen aufgetrieben und mit feinen, die Mattheit der Kapseloberfläche bedingenden Warzen besetzt.

In ähnlicher Weise verhalten sich auch andere Gattungen dieser Familie: bei Arenaria serpyllifolia L. sind die Epidermiszellen langgestreckt, bei Agrostemma Githago L. die 2 äussern Reihen des Parenchyms fast pallisadenförmig gegen die Fläche der Epidermis gestellt. — Bei den Dianthus-Arten (caesius, Carthusianorum, Armeria u. a) die Epidermisverdickungen an den Zähnen besonders stark (Taf. VIII, Fig. 14).

Von den folgenden zwei spaltfrüchtigen Familien der Umbelliferen und Juncagineen hat ein Theil der Arten eine Hartschicht, ein anderer nicht. Gemeinsam ist beiden das Vorkommen des sogenannten Carpophorums (Bischoff, Handwörterb. der bot. Terminol. S. 149). Für die erstere der Familien ist bereits von v. Mohl (Bot. Ztg. 1863 S. 264 ff.) nachgewiesen worden, dass das sog. Carpophorum nicht als ein eigenes Organ zu betrachten ist, sondern durch eine eigenthümliche Bildung der Sutur der Carpelle beim Reifen seine Entstehung erhält. Ein Gleiches gilt für die Juncagineen.

Umbelliferen.

Der Bau der Früchte ist meist 3theilig (die beiden Epidermen mit zwischen gelagertem Parenchym): Daucus Carota L., Pimpinella Anisum L., Foeniculum officinale L., Carum Carvi L., Apium graveolens L., Petroselinum sativum L., Cuminum Cyminum L., Anethum graveolens L. — Eine Hartschicht findet sich bei Aethusa Cynapium L. und bedeutend bei Coriandrum sativum L. entwickelt.

Die Aussenepidermis ist im Allgemeinen aus kleinpolygonalen, etwas geschlängelten, zarten Elementen mit zahlreichen Spaltöffnungen gebildet; besonders in der Thaltiefe strecken sich dieselben. Unter ihr, als Bette der Gefässbündel und Oelgänge, ein aus mässig zahlreichen, rundlichpolygonalen, dünnwandigen Zellen gebildetes Chlorophyllparenchym. Die Innenepidermis besteht meist aus quergelegten, gestreckt rechteckigen, dünnwandigen Zellen.

Die Hartschicht von Aethusa Cynapium L. ist 6—8 Reihen breit und besteht aus quer, und unter sich gleichlaufenden, sehr engen, zur Reifezeit ausserordentlich fein spiralig verdickten Prosenchymzellen. — Bei Coriandrum liegt im Parenchym selbst eine sehr starke Schicht im ganzen senkrecht, übrigens unter sich nicht gleichlaufenden dickwandigen Prosenchyms.

Juncagineen.

Triglochin palustre L.

Das dreikantige Achänium der Spaltfrucht besitzt einen 4theiligen Bau und besteht aus den beiden Epidermen, einer äusseren Parenchym- und inneren Hartschicht.

Die äussere Epidermis besteht aus zweierlei Zellen, gestreckt rechteckigen oder rhomboidischen zwischen den Spaltöffnungsreihen und in diesen aus kurzen, fast isodiametrischen. Auf den beiden nach Innen gelegenen Seiten des Achäniums fehlen die Spaltöffnungen

und die hierzu gehörigen Zellen. — Das Parenchym ist auf der Mittellinie der Aussenseite der Frucht am stärksten entwickelt, nimmt von da gegen Innen stetig ab und schwindet an der Innenkante gänzlich. Es ist zur Zeit der Halbreife ein grünes Schwammgewebe, in der Reife geschrumpft und braunwandig. — Mit ihm correspondirt die aus langem und weitem Prosenchym bestehende Hartschicht so, dass sie ihre bedeutendste Entwicklung da erlangt, wo jenes am schwächsten ist, nemlich in der Innenkante. — Die Innenepidermis besteht aus gestreckten, geschlängelten, stark verdickten, im Querschnitt keilförmigen Zellen (die Spitze des Keils nach Innen gekehrt). —

Das sog. Carpophorum ist dreiseitig prismatisch mit hohlen Seitenflächen und besteht aus einem centralen Strang derselben Prosenchymzellen, die oben die Hartschicht bildeten, und aus parenchymatischen, mit einem Gefässbündel versehenen Kanten (Parenchym und Epidermit wie beim Achänium). — In die hohle Seite ist die Innenkante des Achäniums durch eine (etwa 10 Zellen breite) Reihe dünnwandiger Zellen gefügt, welche bei der Reife zerreisst; nur an der Spitze hängen die Prosenchymzellen der Hartschicht und des Carpophorums unmittelbar zusammen, weshalb sich hier die Achänien nicht trennen. —

Bei Tr. maritimum L. sind die anatomischen Verhältnisse wesentlich dieselben, die Dimensionen aller Theile, insbesondere die Wanddicke der Zellen geringer.

Ranunculaceen.

Nach den 4 untersuchten Früchten scheint ihnen eine grosse Mannigfaltigkeit des anatomischen Baues eigen zu sein. Das Pericarp ist theils aus 3, theils aus 4 Geweben gebildet, die Hartschicht zahlreicher Modificationen fähig (nach Form der Zellen und Lage).

1. Delphinium Ajacis L.

Einen Theil des Querschnittes gibt Taf. IX, Fig. 18; die äussere Epidermis besteht aus geschlängelten Zellen mit zweierlei Haaren und zahlreichen Spaltöffnungen, die inneren vgl. Taf. IX, Fig. 19. —

Um die Sprungstelle liegen 2 Gefässbündel, die gleich über der Basis der Frucht eine starke Schicht prosenchymatischer Zellen auf ihrer Aussenseite entwickeln und mit diesen bis an die eigentliche Trennungslinie reichen. Diese ist aus collenchymatischen Zellen, d. h. Zellen gebildet, die im Querschnitt polygonal, ein rundes Lumen ha-

Kapseln auch nicht zu erwarten gewesen, da die Wölbungen an ganz unbestimmten Stellen, ohne regelmässige Zahl der Zähne und gewöhnlich ohne glatte Risse aufspringen.

Aehnlich gebaut ist Antirrhinum latifolium Mill.

5. Linaria vulgaris L.

Bemerkenswerth ist die Hartschicht mit einseitig nach Aussen verdickten (deltaförmigem Lumen versehenen), porösen, einreihigen Zellen, die von der Fruchtbasis gegen die Spitze an radialem Durchmesser stetig wachsen, so dass sie unten tangential, oben radial länger sind. An der Stelle der spätern Kapsellängsrisse ist in der Hartschicht ein nach Aussen offener keilförmiger Ausschnitt, durch Auseinanderweichen der äusseren Enden der Zellen bedingt. An dieser Stelle sind die isodiametrischen, geschlängelt wandigen Zellen der Innenepidermis etwas gestreckt.

Labiaten.

Neben der gewöhnlich als einreihige Steinschicht entwickelten Hartschicht tritt bei manchen Früchten die Aussenepidermis voluminös und mit Netzfasern entwickelt auf. — Parenchym und Innenepidermis meist unbedeutend. — Spaltöffnungen fehlen.

1. Lamium album L.

Die niederen Pallisadenzellen der Aussenepidermis führen zur Zeit der Halbreife reichlich Chlorophyll und sind mit Netzfasern besetzt; auf der schief abgeschnittenen Höhe der Nuss sind sie höher, an der Basis, von der Einschnürung an, schief von oben nach unten gerichtet, beträchtlich lang, wasserhell, später eine Emulsion enthaltend. Die darunter befindlichen 2 Reihen kleiner Zellen (Taf. IX, Fig. 26) sind zur Reifezeit verschrumpft, eine weitere Reihe Steinzellen führt Krystalle, die chlorophyllführende Innenepidermis wird braun.

Ganz gleich ist Lamium purpureum L. u. a. gebaut.

2. Melissa officinalis L.

An Zahl der Gewebe den vorigen gleich, an Ausbildung derselben wesentlich verschieden. Die beiden Epidermen, besonders die innern, treten ganz zurück, das Chlorophyllgewebe stärker entwickelt hervor. Die Steinschicht ist radial gestreckt, nach Innen stärker verdickt und führt Krystalle.

3. Stachys sylvatica L.

Die Pallisadenepidermis höher als bei Lamium, chlorophyll- und stärkehaltig; etwa 10 Lagen darunter befindlicher wasserheller Zellen erhalten zur Reifezeit braunen Inhalt und werden Anlass der braunen Farbe der Nuss. Die Steinzellen der Hartschicht sind radial doppelt so lang als tangential; die Innenepidermiszellen platt, gering.

4. Satureja hortensis L.

Die Aussenepidermis verdickt, papillär; die übrigen Schichten ähnlich der vorigen.

5. Prunella vulgaris. L.

Von den 3 Reihen Parenchymzellen enthält die äusserste Chlorophyll, die anderen sind wasserhell; im Uebrigen schliesst sich Prunella an Stachys und Satureja an.

Rosaceen.

1. Geum urbanum.

Während zur Zeit der Blüthe sämmtliche Gewebe des Fruchtknotens noch in ganz jugendlichem Zustande sich finden, besteht der Griffel vom „Knie“ an aus fertigem Gewebe. Die Epidermiszellen desselben sind gestreckt rechteckig oder rhomboidisch, mit fein gestreifter Cuticula und zahlreichen Spaltöffnungen versehen. Das Gewebe darunter enthält Chlorophyll und zahlreiche Krystalldrusen, das Gefässbündel besteht aus viel zahlreicheren Spiral- und Ringfaserzellen als der untere Theil des Griffels und der Fruchtknoten enthalten. — Im Knie setzt dieses fertige Gewebe gegen das unfertige hyaline des unteren Theiles in einer schief verlaufenden, „rundzelliges Gewebe“ bildenden Linie scharf ab.

Die fertige Frucht hat klein polygonale Epidermiszellen mit wenigen Spaltöffnungen, die oben gestreckt und dickwandig auf den stehenbleibenden Griffeltheil übersetzen; darunter einige Reihen Chlorophyllparenchym und fast quadratische, nach Innen stärker verdickte, krystallführende Innenepidermiszellen.

2. Fragaria vesca L.

Auf die kleinpolygonalen Epidermiszellen folgen eine Reihe dünnwandigen Parenchyms und 2 Reihen krystallführender Steinzellen; die Hartschichtzellen verlaufen, einreihig, senkrecht und sind prosenchymatisch; die Innenepidermis, ebenfalls prosenchymatisch, verläuft quer.

3. Potentilla argentea L.

Epidermis wie bei voriger spaltöffnungslos; mehrere Reihen dünnwandigen Parenchyms, eine Reihe krystallführender Steinzellen, Hartschicht und Innenepidermis wie vorher.

Analog ist die Frucht von Agrimonia Eupatoria L. gebaut.

4. Rosa arvensis L.

Ueber den auf Taf. X, Fig. 29 abgebildeten inneren Schichten liegen nur wenige Reihen Parenchyms und die Aussenepidermis. — Sehr gerbstoffreich. —

Ganz gleich sind die Früchte anderer Rosenarten gebaut.

Cruciferen.

Schote und Schötchen sind im Allgemeinen gleich gebaut, wie überhaupt der Bau in der ganzen Familie ein merkwürdig gleichförmiger ist.

Unter der äusseren, spaltöffnungsreichen, Epidermis (die bei der Schote aus gestreckten, beim Schötchen aus mehr isodiametrischen meist dünnwandigen Zellen besteht) folgt ein mehrreihiges, dünnwandiges Chlorophyllparenchym; die Hartschicht ist stets prosenchymatisch (bei der Schote die Zellen parallel, senkrecht verlaufend, beim Schötchen verschieden laufend, in Plättchen geordnet); die Innenepidermis aus rhomboidischen quergelegten Zellen gebildet (Taf. IX, Fig. 24 u. 25). Selten ist das Parenchym in ein dünn- und dickwandiges geschieden (Isatis, Brassica u. a.).

1. Thlaspi arvense L.

Die Wandschlängelung der Epidermiszellen schwindet gegen Rand und Samenträger hin. — Die Hartschichtzellen, stets in Plättchen geordnet, laufen in eigenthümlicher Weise: einmal vom Samenträger aus schief abwärts bis an die Flügel, dann von der Ansatzstelle des Flügels gegen den Rand desselben schief aufwärts, beidemale wie die Gefässbündel.

Bei Thlaspi perfoliatum L. ist die Anordnung dieselbe; im Flügel fehlt die Hartschicht.

2. Capsella bursa pastoris Mch.

Die Hartschicht ist von der vorigen in der Anordnung verschieden, indem die Zellen derselben im Allgemeinen von Unten nach Oben verlaufen, oben aber die aussenliegenden umbiegen und bogenförmig gegen den Griffel gehen.

3. **Aethionema saxatile R. Br.**

verhält sich im Ganzen wie Thlaspi perfoliatum L. — In ähnlicher Weise **Hutchinsia brevicaulis** Hoppe.

4. **Farsetia incana R. Br.**

Epidermiszellen gradwandig, mit warziger Cuticula; Sternhaare mit kohlensaurem Kalk in der Wand. — Die Hartschichtzellen im Allgemeinen von Unten nach Oben gerichtet, in Plättchen geordnet.

Bei **Farsetia clypeata** R. Br. ist das Chlorophyllgewebe doppelt so stark; die Hartschichtzellen an den Kanten mehrreihig, wobei äussere und innere Zellen gegen die mittleren einen verschiedenen Verlauf haben.

5. **Alyssum Wierzbickii Heuff.**

Die Hartschicht in der Mitte der Klappe am bedeutendsten entwickelt (3—4reihig); der Verlauf der inneren Zellen senkrecht, der äusseren schief.

Camelina sativa Crantz hat nach Innen hin wasserhelles Parenchym und eine ebenfalls mehrreihige Hartschicht mit divergenten Zellen.

6. **Isatis tinctoria L.**

Zwischen das Chlorophyllgewebe und die Hartschicht ist polygonales, besonders an den Grenzen sehr grossporiges, dickwandiges Parenchym eingeschoben.

7. **Erysimum orientale R. Br.**

Die Epidermiszellen gestreckt, Chlorophyllgewebe aus quer breiteren Zellen bestehend; Zellen der Hartschicht Fasern beträchtlicher Länge, gleichlaufend (nach der Achse), Innenepidermis sehr voluminös und nach Innen stark verdickt.

In ähnlicher Weise verhält sich das Gewebe bei andern Gattungen aus der Abtheilung der Siliquosae: **Erysimum strictum** Fl. Wett. und **verrucosum**; **Syrenia siliculosa** Andrz (Taf. IX, Fig. 24); **Wahlenbergia tristis** (Taf. IX, Fig. 25); **Sisymbrium Sophia, Alliaria, officinale**; **Arabis thaliana** L.

Gentianeen.

1. **Erythraea Centaurium.**

In der Gewebefolge der Cruciferenkapsel nicht unähnlich; im elementaren Bau aber sehr verschieden.

Die Zellen der äusseren Epidermis sind prosenchymatisch, aber dünnwandig, nach innen keilförmig zulaufend, ohne Spaltöffnungen. — Die Zellen des Parenchyms sind innen enger, die der Hartschicht kurz prosenchymatisch, in Plättchen geordnet, quer gelegt; gegen die eingeschlagenen Ränder der Fruchtblätter gehen sie allmählich in die senkrechte Lage über und werden mehrreihig. — Für die Innenepidermis gilt dasselbe.

2. Gentiana Amarella L.

Eine Hartschicht fehlt. Aussenepidermis und Parenchym gleichen den vorigen. Die innere Epidermis, obwohl parenchymatisch, in Plättchen geordnet.

Oleaceen.

1. Syringa vulgaris L.

Die Festigkeit der Kapsel kommt von einer sehr starken Hartschicht. Diese besteht aus etwa 6 Reihen dickwandiger Prosenchymzellen folgender Anordnung. An zwei Stellen laufen die Zellen sämmtlich senkrecht, nämlich da, wo sie im Pericarp und in der Scheidewand die spätere Sprungstelle begrenzen und sind hier zahlreicher. Von da laufen die äusseren Reihen schief oder fast quer und nehmen an Reihenzahl ab, ihre Gestalt ist unregelmässig und kürzer als die der inneren. Die inneren Reihen behalten senkrechten Lauf. — Chlorophyllgewebe und Aussenepidermis sind wenig auffallend; sie werden von den Einrichtungen für den Kapselsriss nicht berührt.

Dagegen liegt in der Scheidewand, die aus der Hartlage, der Innenepidermis und dazwischen gelagertem Parenchym besteht, an der Stelle des späteren Risses ein kleinzelliges dünnwandiges Parenchym (wie zwischen der Hartlage des Pericarps) und mitten darin ein Gefässbündel.

2. Fraxinus excelsior L.

In der Schichtfolge mit der vorigen stimmend; Hartschicht einfacher gebaut; die Gefässbündel an dickwandigem Prosenchym sehr reich.

Asclepiadeen.

Cynanchum Vincetoxicum L.

Unter der Epidermis liegen Bündel sehr langer bastähnlicher Zellen in dem Chlorophyllgewebe, welches nach Innen farblos und

zuletzt schwammförmig wird. Die Hartschicht besteht aus schiefgestellten, in Plättchen geordneten, kurzen Prosenchymzellen, unter denen die quergelegten dickwandigen, fast ebenso geformten Epidermiszellen liegen.

Die Sprungstelle ist durch eine Einziehung der Epidermis, Unterlagerung derselben mit Collenchym, im Parenchym durch einen 3—4 Zellen breiten Streif kleiner, kurzcylindrischer, sehr dünnwandiger hyaliner Elemente angedeutet. An der Stelle, wo das Trennungsgewebe innen ankommt, liegt der Samenträger. Er besteht aus sehr zerreisslichem, dünnwandigem, hyalinem Schwammgewebe, von einer dünnen, polygonalzelligen Epidermis überzogen, und ist nur durch eine ganz schmale Brücke genannter Zellen an das Pericarp geheftet.

Celastrineen.

Evonymus europaeus L.

Die Hartschicht ist mehrreihig, aus divergenten, kurzprosenchymatischen, mässig porösverdickten Zellen gebildet, die in Plättchen geordnet, im Allgemeinen schief verlaufen. Die Innenepidermiszellen ebenfalls prosenchymatisch, dickwandig und häufig mit rothem Farbstoff gefüllt, laufen vom innern Fachwinkel schief von unten nach oben.

Die Sprungstelle ist durch Collenchym unter der eingezogenen Epidermis und durch collenchymatisches Trennungsgewebe im Parenchym charakterisirt. Die Hartschicht keilt sich gegen diese Stelle allmählich aus, die Zellen der Innenepidermis nehmen senkrechten Verlauf an, werden kürzer und dünner.

Euphorbiaceen.

Die untersuchten Gattungen zeichnen sich durch die bereits oben beschriebene eigenthümliche Hartschicht aus.

1. Mercurialis annua L.

Die Epidermis, wie bei den folgenden, aus polygonalen Zellen mit zahlreichen Spaltöffnungen gebildet. — Hartschicht Taf. X, Fig. 30 und 31. — Innenepidermiszellen bastfaserähnlich, quergelegt.

An der Sprungstelle ist die Epidermis bis zur Hartschicht eingezogen, diese selbst hier ganz schmal; die Zellen der Innenepidermis sind hier dünnwandig und in einen senkrechten Verlauf übergegangen.

2. Euphorbia Peplus L.

Die Kanten werden durch das Chlorophyllparenchym gebildet. — Die Hartschicht der vorigen analog: die äusseren prosenchymatischen Zellen laufen schief, die Pallisadenzellen sind kürzer als bei voriger. Die Innenepidermis prosenchymatisch, ziemlich dünnwandig, aus dem innern Fachwinkel gegen Aussen gerichtet.

Trennungslinie analog der vorigen.

Aehnlich sind andere Euphorbien-Früchte gebaut.

3. Ricinus communis L.

Die prosenchymatischen Zellen der Hartschicht sind mehrreihig und quergelegt, die Pallisadenzellen derselben sehr nieder.

Papaveraceen.

Die Gewebefolge des Pericarps ist theils sehr einfach (Chelidonium Taf. IX, Fig. 20), theils complicirter (Glaucium, Eschscholtzia). — Spaltöffnungen der Innenepidermis gehören zur Regel.

1. Chelidonium majus L.

Aussenepidermis, wie bei den folgenden, spaltöffnungsreich. — Innenepidermis netzfaserig (Taf. IX, Fig. 20—23).

Gegen das Trennungsgewebe (dünnwandig, parenchymatisch, chlorophyllhaltig) ist der Samenträger durch dickwandige Zellen abgegrenzt, die Klappen durch eine so tiefe Einziehung der beiden Epidermen, dass sich dieselben, ohne Theilnahme des Parenchyms, berühren. — Es schneidet hier wie bei den Cruciferen die Trennungsschicht an der Basis halbkreisförmig herum; der Grund, warum bei Chelidonium die Klappen nicht an der Basis sich lösen wie dort, liegt vielmehr darin, dass die unten in die Mitte der Klappe eintretenden Gefässbündel und Milchsaftgefässe[1]) die Trennung erschweren.

2. Glaucium luteum Scop.

Die spaltöffnungsreiche Epidermis wird von einer einreihigen Collenchymschicht unterstützt, die unter den Höckern in ein wasserhelles polygonales Gewebe übergeht. Das Parenchym ist aussen (2reihig) chlorophyllhaltig, zum grössten Theil aber (10—12 Reihen) fast farblos, porös, meist stärkeführend, die innersten Zellen dünnwandig,

1) Daher blutet die Stelle bei künstlicher Trennung, selbst zur Zeit, wo die Klappen zur Seite schon gelöst sind.

quergezogen, und macht weitaus den grössten Theil der Wanddicke des Pericarps. Die Gefässbündel bestehen nach Aussen aus einem starken Bündel dickwandiger Prosenchymzellen; solche Prosenchymbündel kommen auch für sich vor — sie bilden einen wesentlichen Factor der Steifheit der Schote. Die Innenepidermis (Taf. XI. Fig. 36) ist prosenchymatisch und zwischen den Spaltöffnungen kurzzellig.

Der Samenträger. Zur Zeit der Blüthe ist derselbe von den Klappen gut differenzirt und stellt ein prosenchymatisches 3seitiges Prisma dar, dessen eine Kante nach Aussen gerichtet und von der gewöhnlichen Epidermis überzogen ist. Die beiden von dieser Kante nach Innen laufenden Seiten haben zwischen sich und den Klappenrändern ein dünnwandiges Trennungsgewebe der gewöhnlichen Art. Die gegen die Höhle gekehrte Seite wird zur Blüthezeit von lockerem, etwas chlorophyllhaltigem Parenchym überzogen, über welchem schliesslich 1—2 Reihen undurchsichtiger Zellen und eine langpapilläre Epithelschicht liegen. Durch ein eigenthümliches Wachsthum der letztgenannten 3 Zellschichten (strangförmig in der Richtung gegeneinander) nähern sich die beiden Innenseiten zwischen den Samen immer mehr und verwachsen allmählich mit einander. Dabei werden die Zellen wasserhell und porös. — So entsteht ein die ganze Höhle erfüllender, markiger Strang, in welchem die Samen beiderseits eingebettet liegen, eine wirkliche Scheidewand, die bald als „schwammiges Mark“ und „falsche Scheidewand“ (Bischoff, Handwörterb. d. bot. Term. I, 418 und 466, 7), bald als „Höhlenwucherungen“ (Schleiden, Grundz. §. 172) angesprochen wurde.

Die Trennung der Klappen von dem Samenträger kommt hier, im Gegensatz der der Cruciferen und der vorigen, unter der Narbe zu Stande, indem unter dieser, nicht an der Basis, sich eine halbkreisförmige Trennungslinie findet, unterhalb welcher die Klappengefässbündel mit rundlichen Spiral-, Ring- und Porenzellen enden.

3. Eschscholtzia californica.

Durch das abwechselnde Vortreten der Klappengefässbündel mit sehr starken halbmondförmigen Prosenchymbündeln (auf der Aussenseite) als Rippen, wird eine mannigfaltigere Bildung der Aussengewebe bedingt. Ueber den Rippen sind die Epidermiszellen etwas gestreckt und spaltöffnungslos, und dazwischen nur eine Reihe Collenchymzellen eingeschoben, in den Thälern dagegen liegt alsbald unter der Epidermis das chlorophyllarme Parenchym (aussen 2 Reihen Chlorophyllparenchym, dann Schwammgewebe) und hierin die schwä-

cheren, nicht vorspringenden, den Thälern opponirten Gefässbündel. — Innenepidermis Taf. XI, Fig. 35. —

4. Papaver somniferum L.

Im Fruchtgrund liegt unter der (aus kleinen dickwandigen Polygonalzellen bestehenden) Epidermis eine 4—5reihige Lage verdickten Parenchyms, die gegen oben abnimmt und im obersten Kapselviertheil verschwindet. Dem gegenüber nimmt dann das dünnwandige Chlorophyllparenchym zu. Innen liegt die quergestreckte, kreuzporige Epidermis.

Auch hier besitzen die Hauptgefässbündel, die den Narbenstrahlen und falschen Scheidewänden opponirt sind, starke, halbcirkelförmige Prosenchymbündel; sie endigen unter der Narbe mit zahlreichen Spiral- und Netzfaserzellen, und auch die von ihnen ausgehenden Netzanastomosen enden häufig frei und gleichgebaut.

Der Bau der Narbe ist folgender: Die Epidermis, soweit sie der Samenhöhle angehört, ist der inneren gleich; die äussere besteht aus dickwandigen Elementen, die um die verschrumpften Papillen der Rinne jedes Strahls isodiametrisch, von da nach beiden Seiten hin gestreckt sind, in der Richtung von Innen und Hinten nach Aussen und Vorn. Zwischen den beiden Epidermen liegt zu beiden Seiten der Rinne unter der äussern Epidermis ein dünnwandiges, polygonales Chlorophyllgewebe, auf der untern Epidermis und in dem ganzen freien Theil der Narbe gestrecktes, poröses, farbloses Parenchym (von der Richtung der äusseren Epidermis). Dies Gewebe leitet seinen Ursprung von dem dickwandigen Prosenchym, welches auf der Aussenseite der Gefässbündel liegt.

Die sog. falschen Scheidewände bestehen aus einem, von Gefässbündeln durchzogenen porösen Schwammgewebe, welches aufgetriebene, polygonale, dichtporöse Epidermiszellen überziehen.

Das Oeffnen der Kapsel geschieht dadurch, dass ein dreieckiger Zipfel des Pericarps, welcher zwischen zwei Hauptgefässbündel seitlich und die dachförmig vorspringende Narbe oberseits eingeschlossen ist, von den genannten Theilen durch Zurückschlagen nach Aussen sich trennt. Die anatomische Ermöglichung ist durch Einziehung der beiderseitigen Epidermen, und das Auftreten einer wasserhellen, rundzelligen Trennungsschicht an dieser Stelle gegeben; ausserdem enden auch hier die Gefässbündel in der oben bei Glaucium angegebenen Weise.

Bei den nahverwandten Fumariaceen besteht die Hartschicht des Pericarps aus Steinzellen, die innere Epidermis aus geschlängelten, spaltöffnungslosen Zellen (Fumaria officinalis L.).

Papilionaceen.

Der Bau der Hülse scheint für einen grossen Theil der Gattungen sehr gleichförmig zu sein; er ist ausgezeichnet durch einen eigenthümlichen, rechtwinkelig sich kreuzenden Verlauf der schief gerichteten Epidermiszellen und mehrreihigen, prosenchymatischen Hartschicht. Die erstere wurde stets von oben und hinten und unten und vorn, die letztere entgegengesetzt laufend gefunden.

1. Vicia Orobus DC.

Die äussere Epidermis besteht aus voluminösen, auf der freien Seite stark verdickten, gestreckt hexagonalen Zellen und kleinen Spaltöffnungen. Die Richtung aller Elemente geht etwa unter 45° gegen die Fruchtachse schief von oben und hinten nach unten und vorn, und in dieser Richtung lässt sich auch die Epidermis allein abziehen. Gegen die Enden der Klappen und an den Sprungstellen werden die Zellen isodiametrisch. Der feinkörnige Reif der halbwüchsigen Hülse ist meistens streifenweise und senkrecht gegen die Zelllänge angeordnet. — Das Chlorophyllgewebe besteht aus 3—4 Reihen poröser polygonaler Zellen.

Die Zellen der Hartschicht sind dickwandig, bastfaserähnlich, laufen parallel und in entgegengesetzter Richtung der Epidermiszellen; die innerste Lage derselben ist dünnwandig, wie auch bei den meisten folgenden. Gegen die Klappenränder werden die Zellen kürzer, und setzen an der Kante, ohne die Richtung zu ändern, plötzlich ab. Die Innenepidermis besteht aus kleinpolygonalen, sehr chlorophyllreichen, dünnwandigen, etwas aufgetriebenen Zellen, ohne Spaltöffnungen.

Trennungslinie. Der Querschnitt durch die stielförmige Basis der Hülse (innerhalb des Kelches) zeigt von der Epidermis umschlossen 1—2 Reihen dünnwandigen Chlorophyllgewebes, das übrige eingenommen von einem Gefässbündelkreis (der aus einem geschlossenen Ring von Bastzellen, einem solchen von dünnwandigen Elementen, dem Holzring und einem chlorophyllhaltigen Mark besteht). Weiter aufwärts verstärken sich zwei nach oben (innen) liegende Gefässbündel, besonders die Bastschicht derselben, und gleichzeitig damit entsteht zwischen ihnen ein Markstrahl und eine Einziehung der

Epidermis. Das nun hufeisenförmig gewordene Gesammtgefässbündel besteht aus 2 stärkeren, die Enden bildenden, und 3 kleineren, die Krümmung darstellenden Einzelbündeln. Mit dem Erweitern der Hülsenbasis treten die zwei grösseren Gefässbündel einerseits als oberer Klappenrand, die 3 kleineren andrerseits als unterer auseinander. Erstere erleiden ausser einer bedeutenden Vermehrung besonders der Bastelemente an der Einziehung keine merkliche Aenderung, zwischen ihnen bildet sich eine Trennungsschicht aus[1]). Die letzteren verschmelzen in der Art, dass die Bastzellen einen Halbkreis, die Holzelemente deren zwei (auf je einer Klappenseite einen) bilden. Eine scharfe Trennungsschicht bildet sich hier nicht, wesshalb sich auf Seite die Klappen nur unvollständig trennen.

Zur Entwicklungsgeschichte. Die beiden Epidermen sind zur Blüthezeit der Form nach angelegt, nur die Spaltöffnungen fehlen noch. Die Hartschicht dagegen ist erst in der Bildung begriffen, und erst eine Lage dünnwandiger Elemente angelegt. — Wenn die Frucht die Länge der Fahne erreicht hat, sind 3 Schichten, und wenn dieselbe die Carina etwa 1‴ überragt, alle Schichten und die Spaltöffnungen angelegt. Die Bildung der Zellen schreitet von Innen nach Aussen; die innerst gelegenen Zellen sind zuerst fertig.

2. Pisum sativum L.

Der Bau ist im Wesentlichen derselbe. — Die Epidermiszellen sind schmäler, um die Spaltöffnungen concentrisch geordnet, die Chlorophylllage bedeutend stärker, und die Zellen verschieden an Grösse, häufig krystallhaltig. — Die Hartschichtzellen werden von Innen nach Aussen dickwandiger und tangential schmäler. — Die innere Epidermis, stark papillär, ist stellenweise zu dichten Haarfeldern erhoben; die Haare mehrzellig.

Die Zahl der Gefässbündel ist bedeutender als bei den vorigen, und theilt sich nicht nur eine gezweite obere und untere Hälfte, sondern ein Theil derselben tritt auch selbstständig nach vorn und anastomosirt im weiteren Verlauf unter sich und mit den Aesten der Hauptgefässbündel. — Die Randgefässbündel der Klappen werden aus je 4—6 Gefässbündeln der Basis gebildet. — Die Bastlage der obern Sprunglinie hat gedrückte Herzform.

Für die Entwicklung gilt das bei Vicia Bemerkte.

---

1) Die Trennungszellen sind collenchymatisch, in den Ecken verdickt, unverholzt, längs gestreckt, bei der Isolation in zusammenhängende Fasern zerfallend.



3. Phaseolus vulgaris L.

Eine cultivirte Varietät mit sehr weichen, fleischigen Hülsen weicht von den vorigen durch massige Parenchymbildung und auch sonst ziemlich ab.

Die Epidermiszellen sind isodiametrisch und nicht gerichtet; dagegen liegen unter ihnen 1, seltener 2 Reihen prosenchymähnliche Collenchymzellen in der sonst für die Epidermis charakteristischen Richtung. Das starke Chlorophyllgewebe (etwa 12 reihig) wird innerhalb der Hälfte seiner Dicke von einem mehrreihigen Zug grosser, wasserheller, quergestreckter Zellen durchsetzt. — Die Hartschicht ist dünnwandig geblieben und zwischen sie und die Innenepidermis eine sehr massenhafte (etwa 15 Zellreihen) Schicht wasserheller polygonaler Zellen eingeschoben. — Auch die Gefässbündel sind dünnwandig geblieben.

Den oben genannten normalen Bau der Hülse besitzen auch andere Gattungen der Familie, z. B. Orobus, Ononis. — Bei Lupinus findet sich zwischen Chlorophyll- und Hartschicht ein lockeres Gewebe.

Compositen.

Zur Regel gehört, dass die Hartschicht von der Innenepidermis entfernt, ins Parenchym gelagert ist. Die Hartschicht selbst ist theils bündelförmig, theils seltener eine zusammenhängende Lage (Aster); das Parenchym aus zwei und sogar drei verschiedenen Geweben gebildet. Die Aussenepidermis verhältnissmässig mannigfaltig, und an Anhängen reich. Unter den Haaren kommen eigenthümliche Zwillinge vor: zwei zellige gestreckte Haare, die dadurch entstehen, dass 2 gestreckte Zellen ihrer ganzen Länge nach mit einander verbunden sind (und an dieser Verbindungsstelle Poren besitzen) und nur an der Spitze gabelig auseinander weichen (Aster, Helianthus u. s. w.). Die Stacheln der Früchte bestehen aus der Epidermis und dem derselben zunächst gelegenen Parenchym (wie bei den Euphorbiaceen z. Th. und Solaneen). Gefässbündel treten nicht in dieselben ein [1]).

Die anatomische Vorrichtung für das Ablösen des Acheniums von dem Fruchtboden ist ganz analog der für das Aufspringen der Kapseln und Ablösen der Mericarpien beschriebenen. Es liegt nämlich zwischen den stärker verdickten Epidermiszellen der zusammen-

1) Vgl. Caspary in Bot. Ztg. 1861 S. 280.



gezogenen Basis der Frucht und den derbwandigen Epidermiszellen des Fruchtbodens ein sehr dünnwandiges Gewebe bestehend aus zerreisslichem Parenchym und wenigen Elementen des centralgelegenen, in die Fruchtbasis eintretenden Gefässbündels.

1. Aster chinensis L.

Die Zellen der äusseren Epidermis sind unter dem Pappus quadratisch, dünnwandig mit Cuticularstreifen versehen, nehmen gegen die Mitte der Frucht an Längsdurchmesser und Wanddicke allmählich zu; an der Basis nehmen sie abermals quadratische Gestalt und sehr dicke, poröse Wände an. — Die erwähnten Zwillingshaare fehlen an Basis und Spitze. Das folgende Parenchym besteht aus 2—3 Reihen farbloser, prismatischer Zellen ausserhalb der Hartschicht, jenseits derselben aus wenigen Reihen sehr laxer Zellen derselben Form. Die Hartschicht ist eine Reihe kurzprismatischer, in der Richtung der Tangente zusammengedrückter, auf den radialen und innern Wänden stärker und porös verdickter Zellen, ähnlich den Kernscheidezellen gewisser Sassaparille-Sorten. Die Zellen der Innenepidermis sind knotig verdickte viereckige Tafeln.

2. Lappa minor DC.

Das prismatische Parenchym unter der ziemlich voluminösen Epidermis ist fein spiralig und netzfaserig verdickt, die innerste Zellreihe Krystall führend. Die Lage der prismatischen Hartschichtzellen Taf. IX, Fig. 27. Darunter polygonal-isodiametrisches, sonst dem erstgenannten gleiches Parenchym, eine Reihe gestreckt viereckiger, nach Aussen stärker verdickter, mit eigenthümlich weich aussehenden Wänden versehener Zellen und eine dünnwandige Epidermis.

Im Ganzen gleichgebaut ist Cirsium lanceolatum L.; die Aussenepidermiszellen besitzen feine Spiralfasern (Streifung?).

3. Helianthus annuus. L.

Die Farbe der Frucht rührt von dem blauen oder braunen, festen homogenen Inhalt der Epidermis- und darunterliegenden Parenchymzellen. Das vorwiegende Gewebe sind sehr starke viereckige Prosenchymbündel, die eng aneindergeschoben hinter dem genannten Parenchym liegen. Die Prosenchymzellen sind aussen viel stärker und dickwandiger, und nehmen gegen Innen an Wanddicke und Porenreichthum ab. Zwischen jedem Bündel liegt eine Reihe ebenfalls farbloser, radial etwas gestreckter, poröser Zellen, die gegen Aussen allmählich eine tangentiale Streckung annehmen, und dadurch wie

nach ihrer sonstigen Erscheinung an die Markstrahlzellen des Holzes erinnern.

In dem darauf folgenden Parenchym liegen die Gefässbündel und hinter diesen eine Reihe voluminöser netzfaseriger Polygonzellen, an die sich durch ein laxes Parenchym die Innenepidermis anschliesst.

4. Lapsana communis L.

Die Hartschicht ist eine mehrreihige, nach Aussen öfter leistenartig vorspringende Prosenchymschicht, wie bei den vorigen, in das Parenchym gelagert.

Einen mit den vorigen in den Hauptzügen stimmenden Bau haben auch Taraxacum und Cichorium.

Bei ersterem liegt unter der eigenthümlichen Epidermis eine Reihe grossporiger Zellen und Bündel von Prosenchymzellen, bei letzteren mehrere Reihen krystallhaltiger Steinzellen.

Würzburg, 16. November 1865.

Erklärung der Tafeln.

Die Zeichnungen sind bei 280maliger Vergrösserung mit den Camera lucida entworfen. Abweichende Vergrösserungen sind eigens angegeben.

Taf. VIII.

Die Haupttypen des Pericarpienbaues.

Fig. 1. Theil eines Fruchtknoten-Querschnitts von Chenopodium bonus Henricus L.
Fig. 2. Aeussere Epidermiszelle, ebendaher.
Fig. 3. Mittelschichtzelle aus der halbreifen Frucht.
Fig. 4. Aeussere Epidermiszelle, ebendaher.
Fig. 5. Aeussere Epidermis von der Fruchtknotenbasis der Salicornia herbacea L.
Fig. 6. Dieselbe von der Spitze des Fruchtknotens.
Fig. 7. Parenchym daher.
Fig. 8. Theil des Querschnitts der Fruchtklappe der Salinenbinse (Juncus Gerardi Lois.). Rechts die dickwandigen Zellen der Sprungstelle.
Fig. 9. Aeussere Epidermis unterhalb der Mitte der Klappe, ebendaher.
Fig. 10. Dieselbe von der Spitze.
Fig. 11. Fruchtknoten-Querschnitt von Polygonum Persicaria L.
Fig. 12. a. Aeussere Epidermis der reifen Frucht derselben Pflanze, Längsschnitt.
b. Von der Fläche.
Fig. 13. Theil eines Kapselquerschnitts von Silene inflata Sm. (Mitte).
Fig. 14. Epidermiszell-Querschnitt aus dem Kapselzahn der Gartennelke.

Fig. 15. Theil eines Fruchtquerschnitts der Carex acuta L.

Fig. 16. Mittelfasern, ebendaher.

Fig. 17. Innenepidermiszellen, ebendaher.

Taf. IX.

Fortsetzung.

Fig. 18. Theil eines Querschnitts der Frucht von Delphinium Ajacis L.

Fig. 19. Die innere Epidermis, links tiefer eingestellt, um die Poren zu zeigen.

Fig. 20. Theil eines Kapselquerschnitts von Chelidonium majus L.

Fig. 21. Innere Epidermis, im Querschnitt;

Fig. 22. im Längsschnitt;

Fig. 23. von der Fläche.

Fig. 24. Hartschicht von Syrenia siliculosa Andrz.

Fig. 25. Dieselbe von Wahlenbergia tristis. Oben einige Epidermiszellen der Innenseite.

Fig. 26. Querschnitt der Frucht von Lamium album L. im halbreifen Zustande.

Fig. 27. Längsschnitt aus der Klettenfrucht (Lappa minor DC.). ($^{60}/_{1}$.)

Taf. X.

Fortsetzung, Epidermis und Hartschicht.

Fig. 28. Querschnitt aus der Schote von Hesperis matronalis L.

Fig. 29. Die inneren Lagen der Frucht von Rosa arvensis L.

Fig. 30. Querschnitt aus der äusseren Fruchtwand von Mercurialis annua L.

Fig. 31. Längsschnitt aus der Hartschicht derselben.

Fig. 32. Anordnung des Prosenchyms, aus dem Brillenschötchen (Biscutella hispida).

Fig. 33. Innere Fruchtepidermis von Monotropa Hypophegea Wallr.

Taf. XI.

Epidermen.

Fig. 34. Innere Epidermis von Reseda odorata L.

Fig. 35. Dieselbe von Eschscholtzia californica.

Fig. 36. Von Glaucium luteum L.

Fig. 37. Innere Epidermis von Anethum graveolens L.

Fig. 38. a. Epidermiszelle von der Unterseite des Laubblattes von Chenopodium bonus Henricus L. ($^{460}/_{1}$). Vgl. Taf. VIII, Fig. 3.
b. Von der Oberseite.

Fig. 39. Aeussere Epidermis der Frucht von Hesperis matronalis L.

Fig. 40. Vom Fruchtstiel derselben Pflanze.

Fig. 41. Von der Unterseite des Blattes.

Fig. 42. Epidermiszellen der Eichel (Quercus pedunculata Ehrh.).

Fig. 43. Dieselben vom Apfel.

Fig. 44. Von der Spargelbeere.



Inhalt.

Beitrag zur Morphologie und Systematik der Gattung Vaucheria DC.

Von

Jacob Walz.

(Mit Taf. XII — XIV.)

Durch eine Reihe neuerer Arbeiten, unter denen Pringsheim's Untersuchungen über die Oedogonieen die erste Stelle einnehmen, ist der Weg angegeben worden für eine wissenschaftliche Systematik der Algen; es hat sich herausgestellt, dass durch gründliches Studium und Vergleichung des ganzen Entwickelungsganges auch unter den einfachsten hierher gehörenden Gewächsen Arten unterschieden werden können, welche an Schärfe der Umgrenzung den bestbegründeten höherer Classen nicht nachstehen, und es hat sich gezeigt, dass auf dem bezeichneten Wege das Chaos gelichtet werden kann und muss, welches dadurch zu Stande kam, dass eine Zeit lang jede einzelne aus dem Zusammenhang gerissene Form als Repräsentant einer besonderen Species beschrieben worden ist. Die Gattung Vaucheria DC., welche eine Anzahl unserer stattlichsten und häufigsten Süsswasseralgen umfasst, gehört zur Zeit zu denen, von welchen zwar zahlreiche Formen seit lange bekannt, im Grunde aber höchstens drei Arten: V. sessilis Vauch., V. aversa Hass. und V. piloboloides Thur. genau untersucht sind. Jeder Blick in die descriptiven Werke oder in ein grösseres Herbar zeigt Unsicherheit in der Umgrenzung der wirklichen oder vermeintlichen Arten. Es lohnt daher der Mühe, dieselben einer eingehenden vergleichenden Bearbeitung zu unterwerfen. Die vorliegende Arbeit wurde auf Anrathen meines Lehrers, Herrn Prof. de Bary, zu diesem Behufe unternommen. Sie hat sich die Aufgabe gestellt, zunächst die mir im frischen Zu-

stande zugänglichen Species in ihrem ganzen Entwickelungsgange zu vergleichen, aus dieser Vergleichung den Werth der verschiedenen Merkmale für die Feststellung der Arten zu ermitteln und somit feste Grundlagen für die Aufstellung wirklich neuer Arten zu gewinnen. Hieran knüpft sich zweitens der Versuch einer Revision und Sichtung der überhaupt bisher beschriebenen Arten und Formen. Zu letzterem Zwecke habe ich einige grössere Herbarien durchgesehen, nämlich die der Herren Prof. de Bary, Prof. Al. Braun, Prof. Nägeli, Dr. Rabenhorst, Dr. Koch und Hantzsch. Ich halte es für eine angenehme Pflicht, diesen Herren, wie auch dem Herrn Woronin für die Mittheilung seiner Zeichnungen der V. dichotoma L. meinen innigsten Dank auszusprechen.

Aus dem oben Gesagten ergiebt sich die Anordnung der vorliegenden Arbeit: ich schicke voraus eine Uebersicht der Vegetations- und der Fortpflanzungsorgane der Vaucherien; dann folgt die Beschreibung der genauer untersuchten Arten; endlich führe ich die ungenau bekannten Arten, die zweifelhaften Arten und diejenigen, welche gestrichen werden müssen, auf.

Die Vegetationsorgane.

Der Thallus der Vaucherien besteht aus einer schlauch- oder fadenförmigen verschiedenartig verzweigten Zelle. Das Wachsthum dieser Zelle besteht fast ausschliesslich in einer Verlängerung, welche an der Spitze und den der Spitze nächsten Theilen des Fadens erfolgt und in einer Verzweigung. Erweiterungen kommen in den gesunden Fäden sehr selten und ganz zufällig vor; oft werden sie aber durch thierische Parasiten, nämlich durch Räderthiere (Rotifer vulgaris, Notommata Werneckii), welche ihre Eier in die Vaucheriafäden legen, hervorgerufen und sind in diesem Falle oft von beträchtlicher Grösse. Was die Verzweigung betrifft, so schreibt man vielen Arten von Vaucherien die Dichotomie zu. Dieses ist aber für fast alle Arten entschieden unrichtig. Aechte und wiederholte Di- und Polychotomie kommt nur bei V. tuberosa A. Br. und vielleicht bei V. trifurcata Kg. vor. Bei V. tuberosa A. Br. geschieht, nach den Untersuchungen von Al. Braun, welche ich durch seine Güte an getrockneten Exemplaren wiederholen konnte, die Verzweigung in der Regel so, dass das Ende des Fadens sich verbreitert und auf den beiden entgegengesetzten Punkten des Vorderrandes dieser Erweite-

rung je eine oder je zwei Papillen entstehen, welche sich zu den Aesten ausbilden. Jeder Ast hat bei dieser Art an seiner Basis eine Einschnürung. Ausser dieser Astbildung werden bei V. tuberosa Al. Br. auch ächte Seitenzweige gebildet. Diese letzteren verzweigen sich aber gewöhnlich nicht weiter und bilden meistens besondere nur bei dieser Art vorkommende Vermehrungsorgane. Was die V. trifurcata Kg. betrifft, so sollen hier die Spitzen der Fäden dreitheilig sein; genauere Angaben aber fehlen und ich selbst konnte diese Vaucherie nicht untersuchen. Bei allen anderen Vaucheria-Arten bilden sich die Aeste auf der ganzen Länge der Fäden, auch unterhalb ihrer Spitze, nie aber auf der Spitze selbst. Der Ast, der sich unterhalb der Spitze bildet, wächst oft so intensiv, dass er den Hauptfaden seitlich schiebt und dadurch scheint der Faden dichotom getheilt zu sein.

Die Thalluszelle hat eine Cellulosemembran, welche sowohl durch Jod und Schwefelsäure wie auch manchmal durch Chlorzinkjodlösung blau oder violett gefärbt wird. Verdickungsschichten und eine Cuticula fehlen gewöhnlich; jedoch kommt auch starke Verdickung und Schichtung vor, wie ich besonders bei einer üppig entwickelten Form der V. terrestris Lyngb., die mir von H. Hantzsch gütigst mitgetheilt war, beobachtet habe.

Der Inhalt der Thalluszelle besteht aus einem protoplasmatischen Wandbelege, in welchem Chlorophyllkörner und Oeltröpfchen eingebettet sind, und aus wasserheller, die Mitte erfüllender Flüssigkeit. Stärkekörner fand ich nur ganz einzeln bei V. sericea Lyngb. Bei V. tuberosa Al. Br. dagegen fand ich massenhaft kleine Stärkemehlkörner, welche bei dieser Art das Oel zu vertreten scheinen. Die Chlorophyllkörner sind mehr oder weniger gleichmässig im ganzen protoplasmatischen Wandbelege vertheilt; sie fehlen nur im Vegetationspunkte, d. h. in einem schmalen Streifen an der Spitze des Fadens, welcher nur durch körniges Protoplasma eingenommen ist, und in den Aesten, welche der Thallus in den Boden schickt.

Gewöhnlich ist die Thalluszelle ungetheilt, jedoch beobachtet man manchmal Querwände, deren Bildung meistens hervorgerufen wird durch eine mechanische Verletzung der Fäden, durch Absterben eines Theiles ihres Inhalts oder durch eingedrungene Parasiten; jedoch kommt sie auch manchmal vor, ohne dass man eine Ursache angeben kann.

Vermehrung.

Alle Vaucheria-Arten können sich vermehren durch Abschnürung kurzer, ein wenig verbreiterter Aeste und durch Abtrennung mehr oder weniger langer Stücke ihres Thallus, welche durch zufälliges Absterben angrenzender Stücke bewirkt wird. Was die Abschnürung der kurzen Aeste betrifft, so habe ich sie bei V. sessilis Vauch., V. pachyderma sp. n. und V. terrestris Lyngb. beobachtet; sie kommt aber wahrscheinlich auch bei anderen Arten vor. Ihr Vorkommen ist ziemlich selten; sie kann kaum zu den normalen und typischen Vermehrungsarten gerechnet werden. Der normalen Vermehrung dienen geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane.

Ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane.

Als ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane sind für einige Arten (V. sessilis Vauch., V. sericea Lyngb., V. piloboloides Thur.) Zoosporen bekannt; andere (V. geminata sp. n.) haben ruhende Sporen, welche durch Zersetzung der Sporangium-Membran frei werden; noch andere (V. hamata sp. n.) zeigen ruhende Sporen, welche aus dem Sporangium ausschlüpfen; und V. tuberosa Al. Br. kurze, stark erweiterte, durch Abschnürung sich abtrennende Seitenäste, welche ich der Kürze wegen Knöllchen (Tubercula) nennen werde.

Bei allen anderen Arten sind specielle Organe der ungeschlechtlichen Fortpflanzung unbekannt. Da einige von diesen Arten vielfach und sorgfältig in der Cultur wie im Freien beobachtet wurden, ohne jemals die in Rede stehenden Organe zu zeigen, so ist anzunehmen, dass diese bei gewissen Arten keine für den Entwickelungsgang wesentliche Rolle spielen, und dass sie, wenn überhaupt, nur bei besonders günstigen äusseren Verhältnissen zur Entwickelung kommen. Dass die äusseren Verhältnisse überhaupt eine wichtige Rolle bei dieser Fortpflanzung spielen, geht schon daraus hervor, dass sie in manchen Fällen künstlich hervorgerufen werden kann. Wenn man nämlich V. sessilis Vauch. oder V. sericea Lyngb. in frisches Wasser (destillirtes oder Trinkwasser) setzt, so entwickeln sie reichlich Zoosporen. In welcher Weise hier das Wasser wirkt, muss noch ermittelt werden.

Die Zoosporenbildung wurde bei der sogenannten V. clavata zuerst von dem Recensenten der Arbeit Vaucher's (Allgem. lit. Zeit.



1805 p. 76) beobachtet[1]). Dann wurde sie ausführlich von Trentepohl (Beob. über die Fortpfl. der Ectospermen des H. Vaucher etc. in Roth, Bot. Bem. und Bericht 1807) beschrieben und abgebildet. Trentepohl fand schon, dass die V. clavata Vauch. keine besondere Species ist, da die ihr zukommenden Zoosporangien und die von Vaucher für V. sessilis Vauch. angegebene Fructification nach seinen Beobachtungen manchmal auf demselben Faden vorkamen (l. c. p. 20).

Diese alten Beobachtungen der Zoosporen wurden von Einigen (Agardh, Lyngbye etc.) nicht anerkannt, von Anderen (N. ab Esenbeck u. a.) bestätigt; Unger aber (Die Metamorph. der Ect. clavata Vauch. 1826; Die Pflanze im Momente der Thierwerdung 1843; Ueber V. clavata Agdh. 1852) hat die Zoosporenbildung zuerst ausführlich und genau untersucht; Thuret (Ann. des sc. nat. 1843. Pl. 13. f. 39) gab zuerst eine bildliche Darstellung davon, dass die V. clavata Vauch. und V. sessilis Vauch. zu einer und derselben Species gehören, und von Cohn, Braun, Dippel, Wichura etc. wurden die Zoosporen vielfach beschrieben, so dass ich mich über dieselben hier ganz kurz fassen und auf die vorhandene Literatur verweisen kann.

Die Zoosporangien der V. sessilis Vauch. bilden sich am Ende längerer oder kürzerer Aeste. Manchmal ist der Ast so kurz, dass das Zoosporangium fast sitzend erscheint. Das Ende des Astes schwillt keulenförmig an und wird dunkel gefärbt durch reichliches Ansammeln des Chlorophylls und des Protoplasma; dann grenzt es sich durch eine Scheidewand zum Zoosporangium ab; endlich reisst die Membran des Zoosporangiums an seiner Spitze und der ganze Inhalt quillt aus dem Risse hervor, um sofort die Bewegung zu beginnen. Manchmal wird während des Austretens der Inhalt des Zoosporangiums in zwei Zoosporen getheilt. Das wiederholte Ab- und Aufsteigen der Zoospore im Innern des Zoosporangiums, welches Cohn (Unters. über mikr. Alg. und Pilze 1853) beschreibt, habe ich nicht beobachtet, weder bei V. sessilis Vauch., noch bei V. sericea Lyngb.

Ganz ähnliche Zoosporangien wie bei V. sessilis Vauch. sind von Thuret bei V. piloboloides Thur. (Le Jolis, liste des algues marines de Cherb. 1863. p. 64—65. Fig. 4) und von mir bei V. sericea Lyngb. gefunden.

---

1) Vielleicht hat schon Blumenbach die Zoosporen und ihre Keimung gesehen (Ueber eine ungem. einf. Fortpflanzungsart. Gött. Mag. 1781. p. 80—89 f. I—III); da er aber von ihrer Bewegung keine Erwähnung thut, so ist es auch möglich, dass er die ungeschlechtlichen Sporen der V. hamata sp. n. vor Augen hatte.

Bei V. sessilis Vauch. erscheinen die Zoosporen als ovale chlorophyllhaltige, membranlose Zellen mit einer oder zweien Vacuolen im Innern und mit einer farblosen Protoplasmaschicht an der Peripherie, welche überall dicht mit Cilien besetzt ist. Die Zoosporen der V. sericea Lyngb. sind insofern von diesen verschieden, dass der farblose Protoplasmasaum breiter an der vorderen als an der hinteren Hälfte ist, an letzterer oft ganz fehlt und dass die Cilien an der vorderen Hälfte dicht beisammen stehen und an der hinteren äussert sparsam vertreten sind (Fig. 24) oder sogar in manchen Fällen mit dem farblosen Protoplasmasaum gänzlich fehlen (Fig. 24 a). Bei V. piloboloides sind die Zoosporen selbst nicht beschrieben.

Was das Heraustreten der Zoosporen betrifft, so erscheint dasselbe wie ein Herausfliessen; wodurch es aber bewirkt wird, ist noch unbekannt. Die Ansicht, dass es durch den Druck des unterhalb des Zoosporangiums fortvegetirenden Schlauches bewirkt wird (Cohn, Unters. über die mikr. Alg. und Pilze 1853 p. 226) könnte höchstens für das Beginnen des Processes gültig sein. Die endosmotische Hypothese (Cohn l. c.) lässt sich hier auch nicht durch Versuche beweisen und die von mir bei V. sessilis Vauch. angestellten Messungen zeigen auch, dass man nicht annehmen kann, dass die Zoospore herausgepresst wird durch die Zusammenziehung der elastischen Wand des Zoosporangiums, welche durch die sich in ihm ausbildende Zoospore ausgedehnt war (Al. Braun, Verjüngung p. 174).

Die ausgetretenen Zoosporen bewegen sich kürzere oder längere Zeit (bei V. sericea Lyngb. auf dem Objectträger nie länger als $^1/_2$ — $1^1/_2$ Minuten) und kommen dann zur Ruhe, wobei sie ihre Cilien verlieren, eine kugelige Form annehmen, sich mit einer Cellulosemembran umgeben und endlich keimen, indem sie einen oder zwei Schläuche treiben. Ihre Keimung geschieht gewöhnlich in der Nacht, die dem Tage ihrer Bildung folgt.

Die bewegungslosen Sporen von V. hamata bilden sich auf ähnliche Weise wie die Zoosporen der oben beschriebenen Arten. Das Ende eines kürzeren oder längeren Astes schwillt oval an, indem sich in ihm Chlorophyll und Protoplasma ansammeln, und wird durch eine Scheidewand zum Sporangium abgegrenzt (Fig. 25). Aus dem ganzen Inhalte dieses bildet sich eine Spore, indem sich derselbe zumal unten von der Wand etwas zurückzieht (Fig. 16) und sich mit einer besonderen Cellulosemembran umgiebt. Nach Bildung der Spore reisst das Sporangium an der Spitze, die Spore schlüpft mit einem Rucke aus und bleibt in seiner Nähe ganz ruhig liegen,

als eine ovale, von einer sehr zarten, sich durch Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjodlösung nicht färbenden, Membran umgebene, Zelle. Später vergrössert sie sich, nimmt eine kugelige Form an, ihre Membran wird ein wenig dicker und in der Nacht, welche dem Tage ihrer Bildung folgt, keimt sie ganz ähnlich den Zoosporen anderer Vaucherien.

Die ruhenden Sporen der V. geminata sp. n. sind denen der V. hamata sp. n. ähnlich, nur bedeutend grösser; sie haben eine mehr eiförmige Gestalt und ihre Sporangien stehen gewöhnlich auf seitlichen kurzen Aesten (Fig. 10, 11). Sie schlüpfen aus dem Sporangium nicht aus, sondern werden entweder frei durch eine Zersetzung seiner Membran, oder fallen mit dem Sporangium ab, oder keimen während dieses noch ansitzt. Ihre Membran ist bedeutend dicker als bei den Sporen der V. hamata sp. n. und sie keimen einige Tage nach ihrer Bildung, indem sie einen (Fig. 9) oder zwei Schläuche treiben. Diese Schläuche haben gewöhnlich eine schwache Einschnürung an ihrer Basis, wodurch diese Keimlinge, wie auch durch die Dicke der Sporenmembran und der Membran an der Basis der Schläuche (Fig. 9) sich von den Keimlingen der Zoosporen und der Sporen der V. hamata sp. n. unterscheiden.

Die V. tuberosa Al. Br. vermehrt sich durch die erwähnten Tuberkeln. Das Ende kürzerer seitlicher Aeste oder sogar manchmal der Gabeläste schwillt unter Ansammlung von Chlorophyll, Protoplasma und Stärkekörnern bedeutend an, endlich schnürt sich die Anschwellung an ihrer Basis ab, und keimt dann, indem sie einen oder mehrere Schläuche treibt. Sehr oft finden sich zwischen dem Faden, auf welchem der tuberkeltragende Zweig sitzt, und dem Tuberkel selbst kleine ovale Anschwellungen, welche von einander durch Einschnürungen abgetrennt sind, so dass der Stiel der Tuberkel rosenkranzförmig erscheint.

Ob diese Anschwellungen, welche auch dicht mit Chlorophyll und Stärkekörnern erfüllt sind, auseinanderfallen und ihrerseits zur Vermehrung der Vaucherie dienen, oder ob sie keine weitere Bedeutung haben, ist mir unbekannt.

Geschlechtliche Fortpflanzungsorgane.

Bei den meisten Vaucheria-Arten kennt man geschlechtliche Fortpflanzungsorgane. Ihrer Form nach waren wenigstens die weiblichen Organe oder ihre Producte schon im 18. Jahrhundert bekannt;

die männlichen entdeckte Vaucher (Hist. des conf. d'eau douce), welcher auch eine der Wahrheit nahe liegende Hypothese über die Sexualität der Vaucherien äusserte. Dann wurden durch Nägeli die Geschlechtsorgane der Vaucherien als Copulationsorgane angesehen und diese Ansicht noch einmal von Dippel (Flora 1856 N. 30—31) vertheidigt. Karsten, gestützt auf ungenaue Beobachtungen, stellte eine falsche Theorie des Befruchtungsactes auf; endlich gelang es Pringsheim, das richtige Verhältniss bei V. sessilis Vauch. zu entdecken. Seine Beobachtungen wurden bestätigt von de Bary an V. aversa und von Schenk au V. geminata.

Die männlichen Organe, die Antheridien, sind einfache Zellen und haben bei verschiedenen Arten eine verschiedene Form: bei V. sessilis Vauch., V. geminata sp. n., terrestris Lyngb. (Fig. 18), hamata sp. n. und V. uncinata Kg. sind es kurze hornförmige Zellen, welche das Ende eines schneckenförmig gewundenen, oder hakig gebogenen, vertikal auf dem Faden stehenden Astes bilden; bei V. pachyderma sp. n. (Fig. 1) sind es gekrümmte beutelförmige Zellen, welche am Ende kurzer, hakig gekrümmter Aeste herabhängen; bei V. aversa Hass. (Fig. 27) und sericea Lyngb. (Fig. 20, 21) sind es gerade, stumpf cylindrische Schläuche, welche auf dem Faden sitzen oder ganz kurz gestielt sind und eine sehr schräg aufsteigende oder fast horizontale Lage haben; bei V. piloboloides Thur. sind es oblonge, zugespitzte und unterhalb ihrer Spitze meistens mit zwei ins Kreuz gestellten Ausstülpungen versehene, das Ende eines Fadens bildende Zellen.

In allen Fällen ist das Antheridium von dem es tragenden Faden durch eine Scheidewand abgetrennt. Bei völliger Ausbildung enthält es Spermatozoiden, Protoplasma, Chlorophyllkörner und ausserdem bei V. sericea Lyngb. kleine rothe Oeltröpfchen und bei V. aversa Hass., nach den Beobachtungen vom Prof. de Bary, manchmal einen Krystall von oxalsaurem Kalk. Die Spermatozoiden sind bei allen Arten längliche, protoplasmatische Körper, welche zwei ungleich lange Cilien besitzen, von denen die eine nach vorn und die andere nach hinten gerichtet sind, und die an einem Punkte nahe dem vorderen Ende des Spermatozoids entspringen. Eine Ausnahme davon macht V. sericea Lyngb., bei welcher lebendige Spermatozoiden auch länglich und mit zwei Cilien erscheinen, diese Cilien aber auf den beiden entgegengesetzten Enden entspringen (Fig. 23 b). Nach Tödtung durch Jod erscheinen diese Spermatozoiden ähnlich den Zoosporen der Chytridieen (Fig. 23 a), von denen sie sich nur durch den

Mangel des glänzenden Pünktchens unterscheiden. Noch ist zu bemerken, dass nach den Untersuchungen von Prof. de Bary, welche ich wiederholt habe, die Spermatozoiden der V. aversa Hass. ein rothes Pigmentkörnchen enthalten.

Die Oogonien sind bei den meisten Arten schief- und mehr oder minder breit eiförmige, zuweilen (V. pachyderma) fast kugelige Zellen, an dem einen Ende in einen kurzen, stumpfen Schnabel ausgezogen, einerseits stark gewölbt, andrerseits minder convex, zuweilen (V. hamata n. sp. F. 12), selbst concav; bei V. uncinata Kg. sind sie kugelig, bei V. piloboloides Thur. kugelig und schnabellos.

Was die Anordnung der Oogonien auf der Thalluszelle betrifft, so ist zunächst hervorzuheben, dass alle Vaucherien monöcisch und Oogonien und Antheridien (von Monstrositäten abgesehen) immer nahe neben einander gestellt sind.

Bei einer ersten Reihe von Arten sind die Oogonien sitzend, d. h. unmittelbar auf der Seitenwand der Hauptäste aufgesetzt, höchstens von einer unbedeutenden Ausstülpung dieser getragen. Diese sitzenden Oogonien stehen bei V. sessilis Vauch. und pachyderma n. sp. (Fig. 1) entweder einzeln neben einem Antheridium, oder ein Antheridium zwischen je zweien, die Schnäbel in beiden Fällen der Regel nach dem Antheridium zugekehrt. Bei V. sericea Lyngb. und aversa Hass. stehen sie entweder einzeln neben einem Antheridium, was aber selten der Fall ist, oder sie bilden Reihen (2, 3, 4, 5, 6 nebeneinander), und an einem oder an beiden Enden der Reihe finden sich je ein oder je zwei Antheridien, welche mit ihren freien Enden zu den Oogonien gewendet sind. Die Schnäbel der Oogonien, welche an den Enden der Reihen stehen, sind in der Regel zu den ihnen nächsten Antheridien gerichtet, bei den in der Mitte der Reihe befindlichen bald zum einen, bald zum anderen, bald nach oben. Auch kommt es vor, dass eine Reihe von Oogonien an beiden Enden je ein oder je zwei Antheridien hat und nichtsdestoweniger die Schnäbel aller Oogonien nach einer Richtung gewendet sind.

V. geminata sp. n. (Fig. 7), hamata sp. n. (Fig. 12, 13), terrestris Lyngb. (Fig. 18), uncinata Kg. haben gestielte Oogonien, das heisst diese stehen mit einem oder mehreren Antheridien auf besonderen kurzen Seitenzweigen oder Fruchtästen. Bei allen diesen Arten wird das Ende des Fruchtastes durch ein Antheridium eingenommen. Unter diesem stehen ein oder mehrere Oogonien, jedes auf dem Ende eines kurzen, oft gekrümmten Seitenzweigleins. An völlig entwickelten Fruchtästen, besonders bei V. terrestris Lyngb., scheint

zwar oft das Antheridium eine seitliche Stellung zu besitzen; aber die Entwickelungsgeschichte zeigt, dass das Antheridium immer ursprünglich terminal ist und nur durch die Ausdehnung des unter ihm entstandenen Oogoniumstiels oft in eine scheinbar seitliche Stellung gedrängt wird.

Bei V. terrestris Lyngb. (Fig. 18) ist in der Regel ein Antheridium mit einem Oogonium auf einem Fruchtaste, und dabei sind sie so gestellt, dass die Krümmungsebenen des Oogoniums und des Antheridiums zusammenfallen oder einander parallell sind.

Bei V. hamata sp. n. und geminata sp. n. kommen auch ein Antheridium und ein Oogonium vor, aber auch mehrere Oogonien neben einem Antheridium, und bei allen diesen Arten bilden die Krümmungsebenen der Oogonien und des Antheridiums mit einander einen Winkel.

Bei allen letztgenannten Arten und auch bei V. terrestris Lyngb. kommt es vor, dass statt eines Oogoniums sich ein Ast entwickelt, auf welchem sich abermals Geschlechtsorgane ausbilden, oder dass der Stiel eines Oogoniums einen Fruchtast treibt. Diese Prolificationen können sich manchmal mehrmals ganz regelmässig wiederholen, und dadurch entsteht die Gruppirung, welche für die alte Art V. multicornis Vauch. charakteristisch galt, oder die Form, welche Kützing V. uncinata nennt.

Bei V. piloboloides endlich steht das Oogonium auf der Spitze eines Seitenastes, dessen Hauptfaden mit einem Antheridium endigt und beide Organe stehen auf derselben Höhe.

Was die Structur der Oogonien betrifft, so sind sie bei allen Arten rein einzellige Organe, deren Zellwand mit Ausnahme der V. pachyderma sp. n. ganz glatt ist.

Bei V. pachyderma sp. n. ist die Wand des Oogoniums (Fig. 2) sehr fein getüpfelt. Diese Tüpfelung ist gleichmässig auf dem ganzen Umfange vertheilt, sogar auf dem Schnabel, sie fehlt nur der Querwand, die das Oogonium vom Faden, auf welchem es sitzt, abgrenzt. Die Tüpfelung bildet sich nach dem völligen Auswachsen des Oogoniums und vor seiner Abgrenzung durch eine Scheidewand.

Die Entwickelung der Befruchtungsorgane wurde bei V. sessilis von Pringsheim, bei V. aversa Hass. von de Bary und bei V. geminata von Schenk beschrieben und von mir verfolgt sowohl bei den genannten Arten als auch bei V. sericea Lyngb., V. terrestris Lyngb., V. hamata sp. n. und V. pachyderma sp. n.

Alle diese Vaucherien stimmen in der Entwickelung ihrer Be-

fruchtungsorgane im Wesentlichen überein, und es kommen nur Verschiedenheiten nach der Form und der Gruppirung der Befruchtungsorgane vor. In allen Fällen geht der Bildung dieser Organe Ansammlung von Oel und Chlorophyll in dem Stücke des Fadens, auf welchem sie erscheinen, vorher. Beiderlei Organe beginnen als papillenförmige seitliche Ausstülpungen. Die ersten Anlagen der Oogonien enthalten Oel und Chlorophyll, welche wandständig sind. Diesem widerspricht nur die Angabe von Schenk, nach welcher die ersten Anlagen der Oogonien kein Oel enthalten sollen und das Oel später eintritt. Ich habe bei meinen Beobachtungen gefunden, dass nur solche Oogonien, sowohl junge als alte, kein Oel enthalten, welche keine Oosporen bilden. In die Anlagen der Antheridien tritt kein oder fast kein Oel hinein; die massenhafte Ansammlung des Oels überschreitet nie die Stelle, in welcher die Scheidewand, welche das Organ später vom Stiele abtrennt, sich bildet. Sowohl die Antheridien wie die Oogonien grenzen sich nach ihrem völligen Auswachsen durch eine Scheidewand von ihrem Tragfaden ab. In den Antheridien verschwindet schon vor dieser Abgrenzung das Chlorophyll allmählich von ihrer Spitze zur Basis, jedoch so, dass hie und da noch einige Chlorophyllkörner bleiben. Nach der Abgrenzung bemerkt man, dass der Inhalt des Antheridiums körniger geworden ist, dann beobachtet man die Bewegung der Spermatozoiden, welche sich aus einer ziemlich kleinen Portion des wandständigen Protoplasma gebildet haben. Endlich wird die Membran an seiner Spitze aufgelockert und sein Inhalt quillt heraus. Das herausgequollene Protoplasma ballt sich in Bläschen, welche oft durch die Spermatozoiden, die in ihnen sich befinden und auch äusserlich sie berühren, fortgeschleppt werden und sich dann zersetzen, ohne eine weitere Bedeutnng für die Pflanze zu haben. Die herausgetretenen Spermatozoiden bewegen sich im Wasser und treten in das Oogonium.

In den Oogonien ist anfangs die ganze Wand von Oeltröpfchen und Chlorophyll austapezirt; später treten diese Körper aus dem Schnabel zurück, so dass dieser nur durch farbloses Protoplasma erfüllt wird. Dann öffnet sich das Oogonium, indem die Membran des Schnabels an der Spitze plötzlich gallertig aufquillt, und in demselben Augenblick bildet sich die Befruchtungskugel, indem der ganze Inhalt sich in eine Kugel zusammenzieht und dabei das Chlorophyll und das Oel ihre peripherische Lage verlieren und den ganzen Körper, zumal die Mitte der Kugel, dicht erfüllen.

Bei V. sericea Lyngb. zieht sich der ganze Inhalt zur Befruch-

tungskugel zusammen; bei V. aversa Hass. werden einige Oeltröpfchen aus dem Innern der sich bildenden Befruchtungskugel ausgestossen; bei V. geminata sp. n., V. hamata sp. n., V. terrestris Lyngb., V. sessilis Vauch. und V. pachyderma sp. n. tritt bei der Bildung der Befruchtungskugel aus dem Oogonium ein Protoplasmatropfen heraus. Pringsheim und Schenk betrachten das Oeffnen des Oogoniums und des Antheridiums als ein Durchreissen der Membran an ihrer Spitze; wenn es aber der Fall wäre, so müsste man an den Oeffnungen entweder ein Deckelchen, oder einen Riss sehen, was man nicht bemerkt.

Nachdem das Oogonium und das Antheridium sich geöffnet haben, erfolgt der Befruchtungsprocess. Ich habe ihn zweimal bei V. sericea Lyngb. beobachtet. Die herausgetretenen Spermatozoiden bewegen sich zur Oeffnung des Oogoniums und häufen sich hier, da die Oeffnung durch die gequollene Gallerte verstopft ist, massenhaft an. Endlich gelingt es einigen und dann vielen in das Oogonium einzudringen. Diese Spermatozoiden befruchten die Befruchtungskugel, indem eins oder einige von ihnen in das Innere der Befruchtungskugel hineintreten. Da die Befruchtungskugel an der Stelle, die der Oeffnung zugekehrt ist, oft einen chlorophyllfreien Protoplasmasaum hat (Fig. 21), so gelingt es hier das Eintreten der Spermatozoiden zu beobachten, und zweimal habe ich mich ganz sicher von dem Eintritte je zweier Spermatozoiden überzeugt. Das Spermatozoid stösst einigemal an die Befruchtungskugel und entfernt sich wieder ein wenig davon, endlich tritt es ein und in demselben Augenblicke verschwindet es gänzlich. Nach der Befruchtung erscheint die Befruchtungskugel sofort sehr scharf contourirt, was die Bildung einer Membran anzeigt. Diese Membran enthält bald einen doppelten Contour. Bei der weiteren Entwickelung der so gebildeten Oospore wird ihre Membran verdickt und geschichtet, und in dem Inhalte verchwindet das Chlorophyll, während rothes oder braunrothes Pigment auftritt. Noch ist zu bemerken, dass bei V. aversa Hass. die Befruchtungskugel vor oder kurz nach der Befruchtung sich langsam vom Grunde des Oogoniums in seinen mittleren Theil bewegt.

Die Struktur der reifen Oosporen stimmt im Wesentlichen bei allen Vaucherien überein. Ihr Inhalt besteht aus Protoplasma und, der Hauptmasse nach, aus dicken, fast farblosen Oeltropfen; zwischen letzteren befindet sich eine kleine Menge brauner oder rother Oeltröpfchen, welche letztere durch concentrirte Schwefelsäure blau gefärbt werden, wie es zuerst de Bary beobachtet hat. In der

Vertheilung des gefärbten Oels zeigen sich constante Verschiedenheiten bei verschiedenen Arten; bei V. sessilis Vauch., pachyderma sp. n., geminata sp. n., terrestris Lyngb., hamata sp. n. ist es zu einer oder einigen grösseren Massen in der Mitte der Oospore angehäuft (Fig. 3, 7, 14, 15); bei V. sericea Lyngb. (Fig. 23) und V. aversa Hass. (Fig. 22, 25) ist es in äusserst feinen Tröpfchen im ganzen Inhalte vertheilt, so dass die Oosporen bei den letzteren Arten einen rothen Schimmer haben.

Was die Membran der Oosporen betrifft, so besteht sie bei allen Arten, ausser der V. pachyderma sp. n., aus drei Hauptschichten, von denen die mittlere die dickste ist. In der Innenschicht unterscheidet man manchmal zwei untergeordnete Schichten, wie z. B. bei V. terrestris Lyngb., hamata sp. n. und pachyderma sp. n. Die mittlere Schicht zeigt bei verschiedenen Arten constante Verschiedenheiten. Sie ist besonders dick und glänzend bei V. terrestris Lyngb. und hamata sp. n. Nach Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure oder Aetzkalilösung erscheint sie bei diesen Arten, besonders aber bei der ersteren, stark aufgequollen und dabei mehrschichtig. Die Oosporen der V. pachyderma sp. n. machen eine Ausnahme von den Oosporen aller Vaucherien, indem ihre Membran so zu sagen doppelt ist. Nach der Befruchtung umgiebt sich die das Oogonium fast ausfüllende Oospore zunächst mit einer Membran, welche fest der Oogoniummembran anliegt und ähnlich wie bei anderen Vaucherien dreischichtig verdickt wird. Hierauf zieht sich der ganze Inhalt der Oospore zusammen und umgiebt sich mit einer neuen Membran (Fig. 6), welche von der früheren durch einen schmalen Zwischenraum getrennt ist. Diese Membran verdickt sich ihrerseits und wird mehrschichtig (Fig. 3) ganz ähnlich der ersten, nur dass gewöhnlich die mittlere Schicht ein wenig dünner ist und in der inneren zwei Lagen unterscheidbar sind.

Sowohl bei V. pachyderma als bei anderen Arten haben die Oosporen oft einen zur Oogonienmündung hervorstehenden, verschieden gestalteten, hernieartigen Fortsatz oder Schnabel. Dieser bildet sich, wenn das Oeffnen des Antheridiums nicht gleichzeitig mit, oder vor dem Oeffnen des Oogoniums erfolgt. In diesem Falle nämlich quillt ein Theil der Befruchtungskugel aus der Oeffnung heraus in Form einer Kugel, welche mit dem im Oogonium zurückgebliebenen Theile durch einen breiten Streifen im Zusammenhange steht. Die Befruchtung geschieht auch bei dieser Umformung der Befruchtungskugel, und in diesem Falle umgiebt sich auch die

ganze Befruchtungskugel mit einer Membran, so dass die Oospore jene abnorme, so zu sagen geschnabelte, Form erhält.

Die reifen Oosporen fallen vom Faden ab mit ihren Oogonien oder, wie es bei V. uncinata Kg. der Fall zu sein scheint, aus ihnen heraus. Das Abfallen und das weitere Freiwerden der Oosporen geschieht dadurch, dass die Membran des Oogoniums sich zersetzt und in Stückchen abfällt. Eine Ausnahme hiervon bietet V. terrestris Lyngb. dar, indem hier das Abfallen mit der Oogoniummembran und das Freiwerden dadurch bewirkt wird, dass die Oogoniummembran sich in Gallerte umwandelt (Fig. 19) und endlich zerfliesst.

Die reifen Oosporen keimen, nachdem sie einige Zeit im Ruhezustande geblieben sind. Nach Pringsheim dauert dieser Ruhezustand bei V. sessilis Vauch. 3 Monate; nach meinen Beobachtungen bei V. geminata sp. n. einen Monat. Vor der Keimung erscheint im Inhalte wiederum Chlorophyll und verschwindet das braune Oel. Bei der Keimung selbst (Fig. 26) treibt die innerste Schicht der Oosporenmembran einen oder zwei Schläuche, welche sich verlängern und verzweigen. Die äusseren Schichten der Oosporenmembran werden von jenen durchbrochen.

Was die Aufeinanderfolge der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane betrifft, so ist zu bemerken, dass aus den Sporen gewöhnlich Individuen sich entwickeln, welche Befruchtungsorgane tragen, und aus den Oosporen Individuen, welche sich zunächst durch Sporen fortpflanzen. Dr. Dippel (Flora 1856 N. 30—31) betrachtet dies als eine ausnahmslose Regel, was nicht der Fall ist. Erstens kommen manchmal auf demselben Thallus beiderlei Organe vor, wie es schon Trentepohl (l. c.) und Thuret (l. c.) beobachtet haben. Einen solchen Fall habe ich auch bei V. sericea Lyngb. gesehen. Zweitens entwickeln manchmal die Zoosporenkeimlinge zunächst Zoosporangien, wie es schon auch Trentepohl (l. c.) beobachtet hat. Er sagt, dass die 10 Tage alten Zoosporenkeimlinge, die kaum eine Linie lang waren, Zoosporangien entwickelt haben. Mir gelang es, künstlich durch Zugiessen von frischem Wasser an Zoosporenkeimlingen, deren Länge kaum dreimal die der Zoospore selbst übertraf, neue Zoosporangien zu bekommen. Manche von diesen Keimlingen, die 2 Tage alt waren, waren so klein, dass sie ihren ganzen Inhalt zur Bildung des Zoosporangiums verbrauchten und nach dessen Entleerung abstarben.

Das Heraustreten der Zoosporen und der Befruchtungsact geschehen in bestimmten Stunden des Tages, nämlich beide Processe

bei Tag zwischen 10 und 1 Uhr. Zwar kommen beide Processe auch Nachmittags vor, aber das sind seltene Ausnahmsfälle. In der Regel gehen beiderlei Organe zu Grunde, wenn sie bis 1 Uhr ihren Zweck nicht erfüllt haben.

Dieses regelmässige Einhalten bestimmter Stunden wird nicht beeinträchtigt durch die Cultur im Dunkeln.

Die Bildung der Oogonien und der Antheridien beginnt, wie ich wenigstens sicher für V. sericea angeben kann, zwischen 9 und 10 Uhr Abends (das Ansammeln des Oels beginnt viel früher) und geht während der ganzen Nacht vorwärts, um am Vormittag fertig zu sein. Die Bildung der Zoosporangien beginnt auch in der Nacht, wie es schon Blumenbach (l. c.) beobachtet hat.

Vaucheria dichotoma.

Bei der Betrachtung der Fortpflanzungsorgane der Vaucherien habe ich nichts gesagt von der V. dichotoma L., weil ihre Fortpflanzungsorgane höchst räthselhaft sind. Es finden sich an ihren Fäden kleine, ovale, am Scheitel zugespitzte, einzellige Körper (Fig. 28). Auf der lebenden Pflanze habe ich sie nicht gesehen, ich fand sie aber oft auf den getrockneten Exemplaren, wo sie dann völlig leer oder mit Resten eines zersetzten Inhaltes versehen waren. Herr Woronin hat aber beobachtet, dass in diesen Körpern sich stabförmige bewegliche Körper bilden, die höchst wahrscheinlich Spermatozoiden sind. Diese entstehen in dem wandständigen Theile des Inhalts, dessen centraler Theil als ein chlorophyllhaltiger Protoplasmaklumpen zurückbleibt. Die ausgebildeten Spermatozoiden treten durch eine Oeffnung am Scheitel des Organs heran und bewegen sich im Wasser (Fig. 29).

Ausser diesen Organen und mit ihnen auf denselben oder auf besonderen Fäden, kommen ferner sehr grosse, sitzende, kugelige Zellen vor (Fig. 30, 33), welche der Seitenwand des Thallusschlauches reihenweise oder einzeln ansitzen. Da ich im vorigen Jahre die Keimung dieser Körper (Fig. 32, 33) beobachtet habe, so ist es unzweifelhaft, dass sie zur Fortpflanzung dienen. Es bleibt aber unentschieden, ob es ungeschlechtliche Sporen oder Oosporen sind, und die Beschaffenheit dieser Körper erlaubt nicht, diese Frage sicher zu entscheiden. Diese Sporen haben oft an dem Scheitel eine hervorragende Spitze (Fig. 30), sie haben eine Membran, welche aus drei Schichten besteht: einer dünnen, glatten, braun gefärbten äusseren, einer dickeren mittleren und einer dünnen inneren Schicht (Fig. 31).

Ihr Inhalt besteht aus wandständigem Protoplasma, in welchem Chlorophyll und kleine Oeltröpfchen eingebettet sind und in welchem man einige Vacuolen bemerkt. Die Membran ihres Sporangiums ist nur an der Basis bemerkbar und weiter nach oben völlig undeutlich. Ihre Keimung geschieht so, dass die innere Schicht der Sporenmembran einen Schlauch treibt. Bei der weiteren Entwickelung werden die mittlere und die äussere Schicht abgestreift. Aus der Struktur der Sporenmembran und ihrem Verhalten bei der Keimung könnte man vermuthen, dass es Oosporen sind. Diesem aber stehen zwei Umstände entgegen: erstens die Beschaffenheit des Inhaltes, welcher bei den reifen Oosporen anderer Arten stets chlorophylllos und sehr reich an Oel ist und hier chlorophyllhaltig und verhältnissmässig arm an Oel ist; und zweitens, dass sie oft noch keimen, während sie auf dem Faden sitzen (Fig. 33), was ich nie bei unzweifelhaften Oosporen beobachtete, und woraus zu schliessen ist, dass sie keinen längeren Ruhezustand vor ihrer Keimung durchzumachen haben.

Systematik.

Allgemeine Bemerkungen.

Was die Begrenzung der Vaucheria-Arten betrifft, so wurden bis jetzt lediglich dafür benutzt: 1) die Verzweigung der Thallusfäden und ihre Dicke, 2) Zahlen- und Stellungsverhältnisse der Fructificationsorgane, 3) das Vorhandensein oder das Fehlen von den hornförmigen Antheridien, 4) die Form der Oosporen oder der Oogonien und 5) die Beschaffenheit der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane. Man hat aber bis jetzt fast gänzlich ausser Acht gelassen die Struktur der Oosporenmembranen, welche, obgleich ziemlich gleichartig, doch in manchen Fällen schätzenswerthe Unterschiede geben; ferner die nicht hornförmigen Antheridien und die Beschaffenheit der Membran der Oogonien. Was die Merkmale, die zur Charakterisirung der Arten benutzt waren, betrifft, so sind einige von ihnen, wie die Dicke und die Verzweigung der Thallusfäden und die Zahlenverhältnisse der Befruchtungsorgane, meist völlig unbrauchbar, wie es aus der Uebersicht dieser Organe sich ergiebt. Ausserdem blieb es meist völlig unberücksichtigt, dass die Vaucheria-Arten zweierlei Fortpflanzungsorgane, nämlich geschlechtliche und geschlechtlose haben und beiderlei Organe wurden unabhängig von einander zur Begründung neuer Arten gebraucht; ferner wurden die Stellungsverhältnisse der Befruchtungsorgane und die Form der Oogonien für zu

constant angesehen und die kleinste Modification zur Aufstellung neuer Arten benutzt.

Aus diesen Gründen entstand eine grosse Menge von Arten, deren Charaktere sich oft alle an einem und demselben Individuum finden. Dieses Uebel wurde noch dadurch vergrössert, dass man, wegen unvollständiger Beachtung früherer Arbeiten, neue Namen für Dinge, die schon längst bekannt und ziemlich gut charakterisirt waren, aufführte und sich bei der Zusammenstellung der Arten dieser Gattung mit der Aufführung der bekannten Namen mit den ihnen beigegebenen Diagnosen begnügte.

Es wurden aber auch Versuche in einer entgegengesetzten Richtung gemacht. Meyen (Beitr. zur Phys. und Syst. der Alg.) vereinigte unter dem Namen V. polymorpha eine Anzahl von Arten, von denen wenigstens einige gut von einander unterscheidbar auch zu seiner Zeit waren, wie z. B. V. sessilis und V. geminata. Fast dasselbe gilt von der V. Ungeri Thur. Dieses letztere Verfahren hat seinen Grund darin: erstens, dass sehr oft viele Vaucheria-Arten durcheinander wachsen, so dass sie einen Rasen bilden; zweitens, dass die speciellen Strukturverhältnisse der Oogonium- und Oosporen-Membranen, die wir heute kennen, damals unberücksichtigt waren; drittens, dass bei manchen Arten eigenthümliche Monstrositäten vorkommen, welche auf den ersten Blick den Eindruck einer anderen Art machen, wie z. B. V. geminata sp. n. manchmal eine Monstrosität, welche an V. sessilis Vauch. erinnert, zeigt.

Aus zahlreichen vergleichenden Untersuchungen sowohl frischer als Herbarexemplare erweisen sich als constante Artunterschiede 1) die Struktur und die Beschaffenheit der Oogonien und der Oosporen; 2) die Form der Antheridien, und 3) die Beschaffenheit der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane; ferner geben in der Regel gute Charaktere die Stellungsverhältnisse der Befruchtungsorgane, die Form der Oogonien und der Oosporen.

Nimmt man auf diese Punkte Rücksicht, so lassen sich gute scharf begrenzte Arten unterscheiden, die sowohl an frischen, wie auch an getrockneten Exemplaren leicht erkennbar sind. —

Die bis jetzt genauer untersuchten Vaucheria-Arten lassen sich zunächst nach der Beschaffenheit der geschlechtlichen Fructificationsorgane in folgende drei Gruppen eintheilen:

I. Corniculatae: Antheridien horn- oder hakenförmig gekrümmt auf kurzen gekrümmten Seitenästen des Thallus. In der Mitte der reifen Oospore ein oder mehrere unregelmässige braune

Pigmentansammlungen. Diese Gruppe zerfällt in zwei Unterabtheilungen:

a) Sessiles: Oogonien auf den Thallusfäden sitzend oder kaum gestielt, neben den Antheridien:

1) V. sessilis Vauch.

2) V. pachyderma sp. n.

b) Racemosae: Antheridien einen Zweig (Fruchtzweig) endigend, der unter der Antheridie die Oogonien trägt:

3) V. geminata sp. n.

4) V. hamata sp. n.

5) V. terrestris Lyngb.

6) V. uncinata Kg.

II. **Tubuligerae**: Antheridien kaum oder nicht gekrümmt, länglich-cylindrisch neben den stiellosen Oogonien ungestielt auf den Thallusfäden sitzend. Feine rothe Pigmentkörnchen in der reifen Oospore gleichmässig vertheilt:

7) V. sericea Lyngb.

8) V. aversa Hass.

III. **Piloboloideae**: Antheridien gerade, länglich, endständig auf einem Aste, der weiter unten ein seitenständiges, gestieltes, kugeliges Oogonium trägt:

9) V. piloboloides.

Hieran schliessen sich Anhang I:

Vaucherien, die noch ungenau bekannt, aber sicher gute Arten sind:

10) V. dichotoma L.

11) V. tuberosa Al. Br.

Ferner, als Anhang II:

Vaucherien, die noch ungenau bekannt sind, und von denen es zweifelhaft ist, ob sie besondere Arten bilden, nämlich

1) V. trifurcata Kg.

2) V. javanica Kg.

oder ob sie überhaupt zu dieser Gattung gehören:

3) V. vesiculosa.

Endlich führe ich in dem Anhange III alle diejenigen Arten auf, die als solche nicht betrachtet werden dürfen, sondern zu streichen sind.

Beschreibung der Arten.

I. Corniculatae.

a) Sessiles.

1. V. sessilis Vauch.

(Hist. p. 31 Pl. II f. 7; DC. Fl. Fr. II 63; Lyngb. Hydr. Dan. p. 80 f. 22 D.; Ag. Syst. Alg. p. 174; Ag. Sp. A. p. 466; Kütz. Phyc. gen. p. 306; Kütz. Sp. A. p. 487; Kütz. T. P. T. 59 f. II; Hass. Brit. Fr. Alg. p. 55 Pl. 5 f. 2; Wallr. C. F. G. p. 60; Roemer Alg. D. p. 5; Engl. Bot. T. 1765, Fl. Dan. 1725; Harv. Man. p. 148; Grev. Alg. Brit. p. 192; Rabenh. Crypt. Sachs. p. 224—225; Pringsh. Ueber Befr. etc. Monatsb. 1856; Dippel Ueber die Fortpfl. etc. Flora 1856 N. 30—31; Wichura Ueber die Achsendrehung etc.; V. ornithocephala Ag. Hass. Br. F. A. p. 54 Pl. VI f. 4; Kütz. Sp. A. p. 488; Phyc. gen. p. 306; Kütz. T. P. T. 58 f. II; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 325; V. dichotoma Hass. Br. F. A. p. 51 T. IV f. 1; V. repens Hass. Ann. of nat. hist. V. XI p. 430; Brit. freshw. Alg. p. 52 T. VI f. 7; Ectosperma heteroclita Bary dict. class. p. 65; Kütz. T. Phyc. T. 58 Fig. 1.; Rabenh. Die Alg. Sachs. N. 336; V. sphaerocarpa Kg. Tab. Phyc. T. 52 f. 1; V. racemosa Rabenh. Die Alg. Sachs. N. 431; V. geminata Rabenh. Die Alg. Sachs. N. 495; V. clavata Vauch. Hist. p. 34 T. 3 f. 10; DC. Fl. Fr. II p. 64; Ag. Sp. A. 1 p. 462; Ag. Syst. Alg. p. 172; Kütz. Sp. Alg. p. 489; Kütz. Tab. Phyc. T. 66; Hass. Brit. Fr. A. p. 60—63 Pl. II f. 20—33; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 223; Wall. C. F. G. p. 59; Roemer Alg. D. p. 5; V. bursata Müll.? Acta Petrop. p. 96 T. II f. 10; Beutelmoos? Müller Beschäft. der Berl. Ges. Naturf. Freunde Bd. IV p. 50—51 T. III f. 4; Conf. dilatata Roth. cat. II 194; var. clavata III 183; Conf. bullosa Roth Bot. Bem. 185; Conf. compacta Roth.? Allgem. lit. Zeit. 1805 S. 76; Weinberger Blasenmoos Müller? Beschäft. der Berl. Ges. Naturf. Fr. Bd. IV, p. 50—51 T. III f. 5; V. Ungeri zum Theil Thur. Ann. des sc. nat. 1843, Pl. 11, 12, 13 f. 37—42 u. 44.)

Oogonien schief eiförmig und geschnabelt, einzeln oder paarweise; im letzteren Falle ein Antheridium zwischen beiden. Die Antheridien hornförmig am Ende eines kurzen hornförmig gebogenen oder schneckenförmig eingerollten Astes. Membran der Oosporen einfach-dreischichtig. Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Zoosporen, welche ringsum gleichmässig mit Cilien bedeckt sind.

In stehenden und fliessenden Gewässern und auf feuchter Erde. Durch ganz Europa verbreitet, mit Ausnahme vielleicht der nördlichsten Gegenden. Sie kommt auch in anderen Welttheilen vor, da die in Amerika von Karsten (Bot. Ztg. X, 89) gefundene Vaucherie sicher hierher gehört.

Müller (Von unsichtbaren Wassermoosen, Beschäft. der Berl. Naturf. Fr. Bd. IV P. 42—54 T. III; De Conf. palustr. N. Acta Petrop. III T. II Fig. 6—10) bildete, wie es scheint, zuerst die hierher gehörende Pflanze unter zwei Namen ab, nämlich die Zoosporen-Keim-

linge als Weinberger Blasenmoos und als C. vesicata und dann Oogonien tragende Individuen als Weinberger Beutelmoos und als V. bursata; da aber in den Abbildungen von Zoosporen-Keimlingen die Geschlechtsorgane und in den Oogonien tragenden die Antheridien fehlen, so kann man es nicht sicher behaupten. Es ist immer noch möglich, dass eine andere Pflanze zu diesen Abbildungen gedient hat, z. B. V. sericea Lyngb. Dasselbe gilt auch von der Dillwyn'schen Abbildung der C. vesicata. Vaucher bildete sie ab unter dem Namen Ect. sessilis und gab eine genaue Charakteristik, so dass nach ihm diese Art sicher bestimmbar war; nichtsdestoweniger dienten die hierher gehörenden Individuen späteren Forschern zur Aufstellung mehrerer anderer Arten. So sind die Formen, welche Hassall (Br. Fr. A.) als V. sessilis, V. ornithocephala, V. dichotoma und V. repens beschreibt und abbildet, nur durch unbedeutende Differenzen, wie solche an unzweifelhafter V. sessilis oft vorkommen, von einander unterschieden; oder es scheint ihre Unterscheidung, wie die der V. sessilis mit geradem Antheridien-Ast, auf Untersuchung ungünstig liegender Exemplare begründet zu sein. Fast dasselbe gilt von Kützing's Beschreibungen und Abbildungen von V. sessilis, ornithocephala Ag. und sphaerocarpa Kg.

Die V. clavata Vauch. mit allen ihren Synonymen gehört auch hierher. Sie ist, wie die Untersuchungen von Trentepohl, Unger, Thuret u. s. w. zeigen, nichts anders als eine Zoosporen bildende, Süsswasser bewohnende Vaucherie. Die Zoosporen aber sind bis jetzt nur bei zwei Süsswasser bewohnenden Arten (V. sessilis Vauch. und V. sericea Lyngb.) bekannt. Alle genaue Beschreibungen der Zoosporen aber, die allgemeine Verbreitung der V. sessilis Vauch., Trentepohl's Beobachtungen von Geschlechtsorganen der V. sessilis auf den Zoosporen-Keimlingen der V. clavata; Thuret's Beobachtungen der Zoosporangien und Oosporen auf einem Faden, machen es unzweifelhaft, dass die V. clavata eine Zoosporen tragende V. sessilis Vauch. vorstellt.

2. V. pachyderma sp. n. Fig. 1—6.

(V. Dillwynii W. A. M.; Greville Alg. Brit. p. 191 T. XIX?; Hass. Br. F. A. p. 52 Pl. 4 f. 3?; V. Hookeri Kütz. T. Phyc. T. 58 f. III?; V. Ungeri Thuret Ann. des sc. nat. 1843, Pl. 13 f. 43?)

Gewöhnlich ein Oogonium und neben ihm ein Antheridium, selten ein Antheridium zwischen zwei Oogonien. Oogonien geschnabelt, kugelförmig oder ellipsoidförmig, in seltenen Fällen schief eiförmig.

Membran der Oogonien fein getüpfelt, Oosporenmembran doppelt, siebenschichtig: die 4 inneren Schichten sind von den 3 äusseren durch einen Zwischenraum getrennt. Die zweite von den drei äusseren Schichten und die zweite von Aussen gerechnet von den drei inneren Schichten breit und glänzend. Antheridien beutelförmig am Ende eines hakenförmig gekrümmten kurzen Seitenästchens. — Ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane unbekannt.

Auf Blumentöpfen des Bot. Gartens zu Freiburg i. B., in einem Wassergraben im Mooswalde in der Nähe von Freiburg i. B. von mir gefunden; in der Normandie von Lenormand gesammelt (Herb. v. Prof. Nägeli).

Da die Form der Antheridien und die Struktur der Oogonien- und Oosporen-Membran die charakteristischen Merkmale dieser Art bilden, und da sie bei den Vaucherien bis jetzt fast gänzlich unberücksichtigt geblieben sind, so ist es unmöglich, einen alten Namen für diese Pflanze zu finden.

Die Abbildungen der V. Dillwynii bei Greville und Hassall lassen vermuthen, dass sie diese Art vor Augen gehabt hatten. Noch wahrscheinlicher ist es, dass die V. Hookeri Kg. unsere Art vorstellt, doch kann nach den citirten Abbildungen keine sichere Entscheidung getroffen werden. — Die Fig. 43 auf der Pl. 13 der V. Ungeri Thuret könnte auch auf diese Art bezogen werden.

b) Racemosae.

3. V. geminata sp. n. Fig. 7—11.

Oogonien aufrecht, meist zu zweien rechts und links, seltener einzeln oder mehr als zwei, unterhalb des Antheridiums. Die Krümmungsebenen der Oogonien und des Antheridiums bilden mit einander einen Winkel. Oosporen, von der nicht gallertig aufquellenden Oogonien-Membran umgeben abfallend; ihre Membran dreischichtig, die mittlere Schicht ziemlich dünn.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch unbewegliche, nicht ausschlüpfende Sporen. Grösse der Oosporen 0,115—0123, — 0,18—0,19^{mm}.

var. β racemosa.

Meist 4, 5, 6 Oogonien auf einem Fruchtaste. Grösse der Oosporen: 0,06—0,08, — 0,075—0,030^{mm}.

Das Antheridium bei V. geminata sp. n. hat meist wie bei den anderen zu dieser Untergruppe gehörenden Arten eine terminale Oeffnung, in seltenen Fällen aber ist es an seiner Spitze mit zwei seit-

lichen Ausstülpungen versehen, welche zum Austritte der Spermatozoiden dienen. Die Zahl der Oogonien, die auf einem Fruchtaste stehen, ist sowohl bei der Hauptform, wie bei der Varietät verschieden. Bei der var. racemosa sind die höheren Zahlen (4, 5, 6) vorherrschend, und bei der Hauptform herrscht die Zahl zwei und die höheren Zahlen kommen vereinzelt und verhältnissmässig selten vor. Manchmal entwickelt sich nur ein Oogonium und es kommen auch Antheridien ohne Oogonien vor. Manchmal kommt die oben beschriebene Prolification vor, welche für die alte Species V. multicornis Vauch. charakteristisch galt. Manchmal bildet sich unter dem Antheridium ein Ast, welcher das Antheridium zur Seite schiebt und neue Sexualorgane entwickelt. Alle diese verschiedenen Anordnungen kommen jedoch ziemlich vereinzelt vor und können nicht einmal zur Begründung von Varietäten dienen.

Diese Art und ihre Varietät kommen in stehenden und fliessenden Gewässern und auf feuchter Erde vor. Als Standorte kann ich bezeichnen: Vire in der Normandie (Herb. v. Prof. Braun und Nägeli), Falaise (Thur.), Appenzell (Herb. v. Prof. Nägeli), Zürich (Herb. v. Dr. Koch), Hanau (Herb. v. Pr. Nägeli), Freiburg im Breisgau, Frankfurt am Main, Giessen (Herb. v. Prof. Braun und de Bary), Bremen (Herb. v. Dr. Koch), Vercelli (Rabenh. Alg. Sachs. N. 137 V. ornithocephala), Dresden (Rabenh. Alg. Sachs. N. 1078 V. Dillwynii), Neudamm, Berlin (Herb. v. Prof. de Bary und Braun) und Kiew, wo sie von mir gefunden wurde.

4. V. hamata sp. n. Fig. 12—17.

Meist ein oder zwei Oogonien auf einem Fruchtaste; Oosporen schief eiförmig, meist einerseits concav, der Oogonium-Membran fest anliegend. Ihre Membran vierschichtig; die mittlere Schicht, dick, glänzend, in concentrirter Schwefelsäure oder in Aetzkali stark aufquellend und dabei oft mehrschichtig. Bei der Reife fallen die Oosporen sammt der Oogonium-Membran, welche sich nicht in die Gallerte verwandelt, ab. Die Krümmungsebene der Oogonien und des Antheridiums bilden einen Winkel mit einander.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch unbewegliche Sporen, welche aus den Sporangien ausschlüpfen und sofort keimen. Grösse der Oosporen: 0,045—0,050, 0,060—0,085, 0,075—0,090 ^{mm}.

Auf feuchter Erde in der Umgegend von Freiburg im Breisgau und auf Blumentöpfen im dortigen botanischen Garten. Sie kommt

auch wahrscheinlich in Gewässern vor, da ihre Cultur im Wasser gelingt.

Es kommen manchmal mehr als zwei Oogonien auf einem Fruchtaste; andere Abnormitäten in der Fructification habe ich nicht gefunden.

Anmerkung. Die Species 3 u. 4 bezeichne ich, wenngleich mit Verwendung alter Namen, als neue, weil es nicht möglich ist sicher zu bestimmen, welche von den bisher gebrauchten Namen, wie V. geminata Vauch., caespitosa Vauch., hamata Vauch. u. s. f. der einen oder der anderen zukommen.

5. V. terrestris Lyngb. (Hydroph. dan. p. 77). Fig. 18, 19.

Meist ein Oogonium auf einem Fruchtaste; die Krümmungsebenen des Oogoniums und des Antheridiums fallen zusammen oder sind einander parallel. Oosporen der Oogonium-Membran fest anliegend und mit ihr abfallend. Oogonium-Membran mit der Reife in Gallerte umgewandelt und im Wasser zerfliessend. Struktur der Oosporen-Membran wie bei der vorhergehenden Art, nur dass die mittlere Schicht noch dicker ist. Grösse der Oosporen: 0,085—0,100, 0,100—0,115 mm.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung unbekannt.

Auf feuchter Erde und im Wasser in Freiburg im Breisgau.

Es kommt auch bei dieser Art die Gruppirung der Befruchtungsorgange, die für V. multicornis Vauch. als charakteristisch galt, vor.

Da Lyngbye in der Diagnose dieser Art sagt: „vesiculae .... limbo pellucido saepissime cinctae,“ wobei er nichts anderes meinen konnte, als die gallertartige Auflockerung der Oogonium-Membran, und da diese nur bei dieser Art vorkommt, so ist es sicher, dass er mit dem Namen V. terrestris diese Pflanze bezeichnete. Was die anderen Autoren betrifft, so erwähnt keiner dieser Eigenthümlichkeit, und da man über die Angaben über die gegenseitige Lage des Oogoniums und des Antheridiums höchst misstrauisch sein muss, indem man bei flüchtigen Untersuchungen sich oft täuschen kann, so unterlasse ich auch hier die Citirung der Synonymen.

6. V. uncinata Kütz.

(Tab. Phyc. T. 60 f. 1; Rabenh. K. S. p. 325.)

Oogonien auf abwärts geneigten Stielchen, zwei unterhalb des Antheridiums, kugelig, kurz geschnabelt. Oosporen kugelig, locker in der Oogonium-Membran liegend (und bei der Reife wahrscheinlich aus ihr herausfallend); Struktur der Oosporen-Membran wie bei V. geminata sp. n.



Ungeschlechtliche Fortpflanzung unbekannt.

Grösse der Oosporen 0,140—0,165^{mm}.

Kommt vor in den Gewässern bei Freiburg im Breisgau (Herb. v. Al. Braun und A. de Bary), Dresden, in Teplitz und in Böhmen (R. K. S. p. 225). Ich habe diese Art nur in getrocknetem Zustande untersucht. Bei dieser Art findet man manchmal, wie bei V. geminata var., vier Oogonien auf einem Fruchtstiele.

II. Tubuligerae.

7. V. sericea Lyngb. Fig. 20—24.

(Hydroph. Dan. p. 78 T. 21 B.; Kütz. Phyc. gen. p. 306; Kütz. Sp. Alg. p. 487; V. ornithocephala Ag. Sp. Alg. p. 467; Syst. Alg. p. 174; Greville Al. Br. p. 198; Harvey Manual p. 148; Rabenh. Alg. Eur. N. 110; V. polysperma Hass. Ann. of nat. hist. v. XI p. 429; Brit. Fr. Al. p. 59 Pl. VI f. 6; Kütz. Sp. Alg. p. 488; Kütz. Tab. Phyc. T. 58 f. 5; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 325; Rabenh. Alg. Eur. N. 1375.)

Zwei bis sechs Oogonien in einer Längsreihe, an deren einem oder beiden Enden je ein oder je zwei Antheridien stehen. Oogonien sitzend oder kurz gestielt, schief eiförmig oder oval, mit grossem, breitem Schnabel. Oosporen kugelförmig oder oval; fast so breit wie das Oogonium und dessen unteren oder mittleren Raum fast völlig ausfüllend, von dem leeren Schnabel meist weit überragt.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Zoosporen, welche an der vorderen Hälfte dicht, an der hinteren nicht oder spärlich mit Cilien besetzt sind.

Grösse der Oosporen: 0,130—0,155, 0,135—0,175, 0,180—0,190^{mm}.

Von allen übrigen Vaucherien in der Regel leicht an den dünneren, zarteren Thallusschläuchen zu unterscheiden.

In stehenden und fliessenden Gewässern. In der Nähe von Kopenhagen (Lyngb. p. 78. Herb. Hornemann), in Dänemark (Fröhlich, Kütz. P. G.), München (Herb. Nägeli), Neudamm (Herb. de Bary), Dresden (Herb. Hantzsch), Freiburg im Breisgau (Herb. de Bary und Braun); St. Gallen (Rabenh. Alg. Eur.), Falaise (Rabenh. Alg. Eur.), Chesnut (Hass. Ann. nat. hist.), Edinburgh, Bristol (Grev. Alg. Brit. und Harvey Manual), Kiew (Walz).

Diese Art wurde von Lyngbye begründet und in der Hydroph. dan. folgendermaassen charakterisirt: „filis capillaribus intricatis dichotomis, vesiculis exiguis densis, ovatis, breviter pedunculatis.“ Aus dieser Charakteristik kann man zwar kaum die V. sericea errathen, da sie auch so gut zur V. sessilis und anderen passt, aber aus seiner

Abbildung (T. 21 B) ist es sehr wahrscheinlich, dass er diese Art meinte. Dass Agardh's V. ornithocephala dieselbe Pflanze ist, ist nach seiner Beschreibung (Spec. Alg.) kaum zu bezweifeln. Zu diesen zwei Namen gab ihr Hassall einen neuen, V. polysperma, unter welchem er eine seltener vorkommende Form von Oogonien abbildet. Kützing in seinen Tab. Phyc. copirte die Figur von Hassall und bemerkte, dass diese Art vielleicht identisch sei mit seiner V. rostellata, welche zu V. aversa Hass. gehört.

8. V. aversa Hass. Fig. 25—27.

(Ann. of nat. hist. v. XI p. 429; Brit. Freshw. Alg. Pl. 6 f. 5, A. de Bary, Berichte etc. 1856; V. ornithocephala v. aversa Kütz. Sp. Al. p. 488; V. rostellata K. Sp. A. p. 488; K. Tab. Phyc. p. 21 T. 58 f. IV; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 224.)

Gruppirung und Form der Befruchtungsorgane wie bei V. sericea. Durchmesser der Oospore nach allen Richtungen beträchtlich kleiner als der des Oogoniums; jene daher frei in der Mitte des Oogoniums suspendirt.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung unbekannt.

Von der sehr nahe verwandten V. sericea durch die angeführten Charaktere, die in der Regel (nicht ausnahmslos) mehr gerade aufgerichteten Oogonien und die weit stärkeren Thallusfäden leicht zu unterscheiden. Auf die Verschiedenheit der Spermatozoiden beider Arten wurde oben aufmerksam gemacht.

In fliessenden und stehenden Gewässern in der Umgegend von Chesnut (Hassall), in der Umgegend von Frankfurt (de Bary), von Freiburg im Breisgau (Walz). — Ausserdem citirt Kützing als Standörter Sachsen und überhaupt die Gräben Europa's, und Rabenhorst die Bäche und Gräben an der Elbe und Mulde.

Diese Art wurde von Hassall (Ann. of Nat. hist.) begründet und in seinen Brit. Fr. Alg. abgebildet, so dass sie aus dieser Abbildung sicher erkennbar ist. Kützing in seinen Tab. Phyc. bildet sie ab unter dem Namen V. rostellata, in seinen Sp. Alg. führt er sie aber unter zwei Namen auf: erstens als V. ornithocephala v. aversa, wobei er den Namen von Hassall als synonym citirt und als V. rostellata. Sie kann aber keineswegs zu seiner V. ornithocephala Ag. gerechnet werden, denn nach seiner Angabe müssen bei dieser hornförmige Antheridien vorkommen. Was aber die V. rostellata in den Sp. Alg. betrifft, so stimmt seine Diagnose, in welcher er sagt: „fructibus solitariis“ mit der von ihm in den Tab. Phyc. gegebenen Abbildung *a*, wo sieben Früchte beisammen stehen, nicht überein.

III. Piloboloideae.

9. V. piloboloides Thur.

(Mem. de la soc. de Cherb. II p. 389; Le Jolis Liste des Algues marines de Cherb. 1863 p. 65—66 Pl. 1 f. 4—5; V. fuscescens Kütz. Tab. Phyc. T. 55 f. 1; Derbesia marina Crouan Alg. Finist. N. 398.)

Gestielt-kugelige Oogonien enthalten in ihrem oberen Theile eine linsenförmige Oospore. Das Antheridium terminal cylindrisch, zugespitzt und mit zwei kleinen konischen, fast ins Kreuz gestellten Protuberanzen unterhalb der Spitze. Es bildet das Ende eines Astes, dessen Seitenzweig ein Oogonium trägt und beide Organe stehen fast auf derselben Höhe.

Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Zoosporen, ähnlich denen von V. sessilis.

Im Meere: Nordküste von Frankreich bei Cherbourg.

Eine verwandte, vielleicht als Varietät zu V. piloboloides gehörende Form aus der Nordsee fand ich im Herbar von Prof. Braun als V. submarina und im Herbar von Dr. Koch als V. littorea Lyngb. (clavata Ag.) und V. marina Lyngb. Die Stellung der Oogonien ist bei dieser dieselbe wie bei V. piloboloides, aber letzteres ist einfach kugelig, nicht an seiner Basis stielartig ausgezogen, und die Oospore füllt das Oogonium ganz oder fast vollständig aus. Antheridien konnte ich nicht auffinden, das Ende des Astes, dessen Seitenzweig ein Oogonium trägt, war in allen von mir untersuchten Exemplaren zersetzt, und dieses lässt mich vermuthen, dass es ein Antheridium trug. Die Durchmesser der Oospore betrugen 0,100—0,200 ^{mm}.

Ob Kützing's V. fuscescens hierher gehört, lässt sich aus seiner Abbildung kaum erkennen, aber sie wird von Le Jolis als Synonym citirt.

Anhang I.

Ungenau bekannte Arten.

10. V. dichotoma Lyngb. Fig. 28—33.

(Hydroph. Dan. p. 75 T. 19; Ag. Syst. p. 171; Fl. Dan. T. 1724 u. 358; Ag. Sp. A. p. 460—461; Harvey Manual p. 147; Greville Br. Alg. p. 190; Duby Bot. Gall. p. 973; Kütz. Phyc. Gen. p. 305; Kütz. Tab. Phyc. T. 56 a; Wallr. C. F. G. p. 57; Roemer Alg. D. p. 5—6; Mart. Fl. Erl. p. 304; Rabenh. K. S. p. 224; Ceramium caespitosum maximum Roth. Cat. I 155; Cer. dichotomum Roth. Germ. III 474; Conf. dichotoma L. Syst.; L. sp. 1635; Fl. Dan. t. 358; Dillw. t. 15; Web. et Mohr T. 15 p. 10; Engl. Bot. T. 932; Huds. Fl. Angl. p. 593; Withering. IV p. 49; V. globifera de By. in Litt. ad Braun, Berl. Monatsb. 1856; Rabenh. Alg.

Nr. 640; V. pyrifera Kg.? Tab. Phyc. T. 56 f. C.; V. salina Kütz. T. Phyc. T. 66 f. II; K. Sp. A. p. 489.)

Der Thallus zeigt in seiner Verzweigung keine ächte, sondern nur eine falsche Dichotomie wie bei anderen Vaucheria-Arten. Die Dicke der Fäden erreicht 0,2^{mm}; Sporen (Oosporen oder ungeschlechtliche?) rund, sitzend, einzeln, oder in Reihen. Ihre Membran dreischichtig; die äussere Schicht dünn und braun, die mittlere dicker und die innere dünn. Ihr Inhalt Chlorophyll, Oel und Protoplasma. Antheridien kleinere, ovale, an dem Scheitel zugespitzte, in der Nähe von Sporen oder auf besonderen Fäden sitzende, einzellige Körper.

Im Brackwasser und salzhaltigen Binnengewässern; Lübeck (v. Martens, Haecker), Wisselsheim bei Nauheim (Prof. de Bary, Theobald), Halle (Carl Müller), Thüringen, Hanau, Ober-Italien (Kütz. T. Phyc.), Kopenhagen (Lyngb.), in fossis Germaniae, Franciae, Hollandiae (A. Sp. A.), Erlangen (Mart. Fl. Erl.), England (E. Bot., Harvey, Greville etc.), Montpellier (Herb. v. Al. Braun), im Pultawischen Gouverment (Prof. Rogowitsch), in Amerika (Kütz. Sp. A.).

Da diese Art durch die Dicke ihrer Fäden schon mit blossem Auge erkennbar ist, so ist sie auch leicht zu finden in alten und neuen Werken. Was die V. pyrifera Kg. betrifft, so stellt seine Abbildung in der Tab. Phyc. eine Vaucherie mit birnförmigen Sporen vor; aber ein Original-Exemplar, das ich durch die Güte des Herrn Dr. Rabenhorst gesehen habe, ist eine ächte V. dichotoma mit normaler Fructification. Dass die V. salina Kg. hierher gehört, schliesse ich nicht aus den Abbildungen von Kützing, die unfruchtbare, also unbestimmbare Thallusfäden vorstellen, sondern aus den Exemplaren, die im Herb. vom Prof. Nägeli sich befinden und die vom Herrn Theobald gesammelt wurden, nach dessen Exemplaren Kützing diese Art aufgestellt hat.

11. V. tuberosa Al. Br.

(Kütz. Tab. Phyc. T. 65 F. a, b p. 23.)

Thallus mit ächt zwei- und mehrgabeliger Verzweigung; die Aeste an ihrer Basis mit einer schwachen Einschnürung. Vermehrung durch Tuberkeln, welche durch Anschwellung meistens seitliche Aeste bilden und durch Abschnürung abfallen.

Ausserdem zeichnet sie sich von allen Vaucheria-Arten durch den reichen Stärkemehlgehalt aus.

Bei Grandson in der Schweiz, am Neufchateler und Züricher See vom Prof. Al. Braun gefunden.

Anhang II.

Zweifelhafte Arten.

1. V. trifurcata Kg.

(Phyc. gen. p. 305; Sp. Alg. p. 489; Tab. Phyc. T. 67 f. 1; Roemer Alg. D. p. 5; Rabenh. K. S. p. 2225—226.)

Nach Kützing sollen die Fäden die Länge von $^1/_2$—1″ haben, dünn, fast dichotomisch verzweigt und an den Enden dreitheilig sein. Da bei der Verzweigung keine Einschnürung zu bemerken ist, so kann sie nicht als V. tuberosa Alb. Br. betrachtet werden, und da sonst eine derartige Verzweigung bei den bekannten Vaucherien nicht vorkommt, so ist es zu vermuthen, dass sie eine besondere Art vorstellt.

Nach Kützing kommt sie vor bei Eilenburg in Sachsen, in fossis inter Charas Germ.

2. V. javanica Kg.

(Sp. Alg. p. 487; Tab. Phyc. 57 a.)

Nach Kützing sind die Fäden $^1/_{30}$—$^1/_{25}$‴ (0,075—0,090 mm) dick, die Früchte sitzend und rund. Die Form der Früchte und der Umstand, dass Kützing sie als eine Species submarina bezeichnet, könnte die Vermuthung erwecken, dass es sich hier um V. dichotoma handelt. Die Dünnheit der Fäden macht aber diese Vermuthung zweifelhaft.

Auf der Insel Java (Zollinger).

3. V. vesiculosa Kg.

(Tab. Phyc. T. 67 f. III.)

Dünne dichotomisch oder alternirend verzweigte, durch einander verwebte Fäden; die Aeste endigen mit einer blasenförmigen Erweiterung.

Meeresküste von Frankreich. Ausserdem bemerkt Kützing: „Vielleicht eine eigene Gattung, welche sich inniger an Codium als an Vaucheria anschliesst. Obgleich die Schläuche meines Exemplars sehr unter einander gewebt sind, so fehlt dem ganzen doch die gemeinsame Form, wie sie Codium charakterisirt.“

4. V. submarina Berkeley.

(Glean. Alg. p. 24 T. 8; Harv. Manual p. 147; Kütz. sp. Alg. p. 487; Kütz. Tab. Phyc. T. 56 f. 6; V. dichotoma β submarina Lyngb.; Hydr. Dan. p. 76; Greville Al. Br. p. 190—191; Fl. Dan. T. 1724; Ag. Syst. p. 171; Ag. Sp. Al. p. 460 bis 461.)

„Sporen" sitzend, oval, elliptisch oder lanzettlich und zugespitzt. Thallusfäden dünn und dichotomisch verzweigt. So lauten die Diagnosen dieser Pflanze, die als besondere Art oder als eine Varietät der V. dichotoma angesehen wird. Ich habe sie nicht gesehen und kann kein Urtheil aussprechen. Die angegebene Form der Sporen passt zu den Antheridien der V. dichotoma, so dass man sie für eine Antheridien tragende V. dichotoma halten könnte, aber dieser Vermuthung widerspricht die von allen Autoren hervorgehobene Dünnheit der Fäden.

Anhang III.

1) Vaucheria-Arten, die gestrichen werden müssen.

Hierher rechne ich:

A. Alle Arten, deren Charakteristik lediglich auf unfruchtbaren, sich durch nichts auszeichnenden Thallusfäden beruht.

1. V. **pusilla** Lyngb. (Hydr. Dan. p. 79 T. 22 B. 2; A. Sp. Alg. p. 471; Kütz. Sp. Alg. p. 488; Ag. Syst. Alg. p. 176). Es ist höchst wahrscheinlich eine Zoosporen bildende Vaucherie, da die Fäden an den Enden nach Lyngbye erweitert und nach Kützing keulenförmig sind.

2. V. **mammiformis** DC. (Fl. Fr. p. 64; Ag. Syst. Alg. p. 176; Ag. Sp. Alg. p. 472; Conf. mammiformis T. 4 f. 7). Die Thallusfäden sollen radienförmig aus einem Punkte ausstrahlen.

3. V. **Boryana** Ag. (Syst. Alg. p. 175; Sp. Alg. p. 470) mit dichotomisch verzweigten Fäden.

4. V. **elongata** Ag. (Syst. Alg. p. 175; Sp. Alg. p. 471; Conf. rivularis Fl. Dan. T. 881) auch dichotomisch verzweigte, aber gelbliche und rasenbildende Fäden.

5. V. **australis** Ag. (Sp. Alg. p. 176; Kütz. Sp. Alg. p. 489) einfache, borstenförmige, rasenbildende Fäden.

6. V. **fastigiata** Ag. (Ag. Syst. Alg. p. 176; Kütz. Sp. Alg. p. 489).

7. V. **Pilus** (v. Martens, Reise nach Venedig 1824 II. Theil p. 639; Kütz. Phyc. Gen. p. 305; Kütz. Tab. Phyc. T. 67 f. 1) $^1/_{15}$''' (0,15^{mm}) breite schwarzgrüne, fast einfache stumpfe Fäden.

8. V. **intexta** Pollini (Algae Eugan. p. 418; Ag. Sp. Alg. p. 473.)

9. V. **maritima** Kg. (Tab. Phyc. T. 64 f. III) verdünnte Enden der Fäden und violett gefärbter Inhalt.

B. Alle diejenigen Arten, die nur auf Grund ihrer ungeschlechtlichen Fortpflanzungsorgane begründet sind, und von denen jetzt bekannt ist, zu welchen Arten sie gerechnet werden müssen.

1. V. ovata DC. (Fl. Fr. II 63; Lyngb. Hydroph. 76 T. 20; V. ovoidea Vauch. p. 30; V. bursata Ag. Sp. Alg. I 461; Syst. Alg. p. 172; Kütz. Sp. Alg. p. 489; Kütz. Phyc. gen. p. 305; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 225; Duby Bot. Gall. p. 974; Fl. Dan. T. 1725, 2.) Ist V. geminata sp. n. mit ungeschlechtlichen Sporen. Prof. de Bary hat vor ein paar Jahren aus ihren Sporen die V. geminata mit Geschlechtsorganen gezogen.

2. V. Dillwynii W. A. M. (T. 16; Lyngb. Hydroph. 77 T. 21; Duby Bot. Gall. p. 973; Ag. Sp. Alg. I 464; Syst. Alg. p. 173; Wallr. Comp. F. Germ. p. 59; Harvey Manual p. 147; Kütz. Ph. gen. p. 305—306 T. 15 IV; Kütz. Sp. Alg. p. 487; Conf. frigida Dillw. Conf. T. 16; V. terrestris Mart. Fl. Erl.; Ceramium Dillwynii Roth Cat. III p. 117), wahrscheinlich dasselbe wie die vorhergehende Art, vielleicht aber V. pachyderma sp. n. mit Oosporen.

3. V. clavata Vauch. Eine Zoosporen tragende V. sessilis Vauch.

4. V. littorea Ag. (Syst. Alg. p. 172; Sp. Alg. p. 463; Kütz. Tab. Phyc. s. 64 f. II p. 63; Kütz. Phyc. gen. p. 305; Roemer Alg. Deutsch. p. 5; V. clavata Lyngb. T. 21 D.; Fl. Dan. T. 1725) eine Zoosporen oder ruhige Sporen tragende Vaucherie, die an der Meeresküste vorkommt. Ich vermuthe, dass es V. hamata sp. n. ist, da die vorhandenen Abbildungen zu den ungeschlechtlichen Sporen dieser Art passen.

C. Alle Arten, bei welchen die Befruchtungsorgane zwar bekannt, aber so ungenau beschrieben sind, dass aus den vorhandenen Beschreibungen keine Species erkennbar ist; und Arten, die neu aufgetsellt wurden aus Unkenntniss oder Missverstehen der Arbeiten früherer Forscher.

1. V. geminata Vauch.

2. V. caespitosa Vauch.

3. V. cruciata Vauch.

4. V. multicornis Vauch.

5. V. racemosa Vauch.

6. V. hamata Vauch.

7. V. Dillwynii Kütz. (Tab. Phyc. T. 57 f. 6′ c).

8. V. frigida Ag. Syst. A. p. 173.

9. V. circinata Kütz. (Tab. Phyc. T. 60 f. 2 p. 21; Rabenh. Krypt. Sachs. p. 224).

10. V. tumulata Kg. (Tab. Phyc. T. 63 f. II).

11. V. sacculifera Kg. (Tab. Phyc. T. 63 f. III).

12. V. verticillata Meneghini (Kütz. Tab. Phyc. T. 64 f. 1).

13. V. trigemina Kg. (Tab. Phyc. Tab. 63 f. I).

Alle diese Arten gehören zu meinen Vaucheriae corniculatae racemosae und sind unbestimmbar aus den Gründen, die ich schon angeführt habe.

14. V. fusca Ag. (Sp. A. Alg. p. 472; Syst. Alg. p. 176; Kütz. Sp. Alg. p. 487; Wallr. C. F. G. p. 61; Ceramium fuscum Roth. Cat. II 176). Diese Art soll einen dichotom verzweigten, dunkel gefärbten Thallus und runde sitzende Sporen besitzen. Da alle Vaucherien manchmal dunkel gefärbt erscheinen, und da die Dichotomie hier wie sonst überall höchst wahrscheinlich nur eine scheinbare ist, so können die angegebenen Thallusmerkmale keine Art begründen. Ebenso die Angabe über die Sporen, welche zu den Oosporen der V. pachyderma sp. n. und zu den ruhigen Sporen der V. geminata sp. n. passt.

15. V. appendiculata Vauch. (p. 35; DC. Fl. Fr. p. 64; Duby Bot. Gall. p. 974; Ag. Syst. Alg. p. 176; Ag. Sp. Alg. p. 472; Kütz. Sp. Alg. p. 489). Eine Vaucherie, auf welcher Excrescenzen durch Räderthiere hervorgerufen sind. Was die von Vaucher angegebenen runden Körner betrifft, so könnten sie vielleicht ungeschlechtliche Sporen der V. geminata sp. n. vorstellen.

16. V. ornithocephala Ag. Ein neuer Name für V. sericea Lyngb.

17. V. polysperma Hass. Ebenfalls.

18. V. repens Hass. Eine auf feuchter Erde wachsende V. sessilis Vauch.

19. V. glaucescens Mart. (Fl. Erl. p. 303). Eine auf feuchter Erde wachsende, mit sitzenden, fast runden Sporen versehene Vaucherie; also V. pachyderma sp. n. oder V. geminata sp. n.

20. V. Hookeri Kg. (Tab. Phyc. p. 21; Tab. 58 f. III). Wahrscheinlich V. pachyderma sp. n.; jedenfalls aber eine ungenau beschriebene, unbestimmbare zu der V. corniculatae sessiles gehörende Form.

21. V. rostellata Kg. ist V. aversa Hass.

22. V. sphaerocarpa Kg. wahrscheinlich V. sessilis.

D. Arten, die durch Vereinigung verschiedener, von einander gut unterscheidbarer Species gebildet wurden.

1. V. polymorpha Meyen (Beitr. zur Syst. und Phys. der Algen).

2. V. Ungeri Thuret (Ann. des sc. nat. 1843).

Beide umfassen fast alle Arten, die zu den V. corniculatae gehören.

2) Arten, die zu einer anderen Gattung gehören.

1. V. marina Lyngb. = Derbesia marina Sol. (Ann. des sc. nat. 1847, p. 158 ff.).

2. V. granulata Lyngb. ist Botrydium argillaceum.

3. V. multicapsularis Lyng. (Fl. D. p. 82; Ag. Sp. A. p. 470; Conferva multicapsularis Dillw. T. 71) gehört nicht zu der Gattung Vaucheria, wie schon Agardh richtig bemerkt hat, da sie nach den Angaben von Dillwyn einen articulirten Thallus hat. Es ist höchst wahrscheinlich ein Moosvorkeim mit Bulbillen.

4. V. radicata Ag. (Syst. p. 465) ist Botrydium argillaceum.

5. V. aquatica Lyngb. (p. 79) ist eine Saprolegniee.

6. V. infusionum DC. (Fl. Fr. p. 65) ist eine Oscillariee.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XII.

Fig. 1—6. V. pachyderma sp. n. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 1. Geschlechtsorgane vor der Befruchtung.

Fig. 2. Wand des Oogoniums.

Fig. 3. Reife Oospore in der Oogonium-Membran eingeschlossen.

Fig. 4. Spermatozoiden durch Jod getödtet.

Fig. 5. Geschlechtsorgane kurz nach der Befruchtung. Die Befruchtungskugel hat sich mit einer Membran umgeben, welche noch dünn und einschichtig ist.

Fig. 6. Oogonium nach der Befruchtung. Späteres Stadium. Die Oosporen-Membran hat sich verdickt und zeigt drei Schichten. Der Sporeninhalt hat sich zusammengezogen und mit einer neuen Membran, die noch dünn und einschichtig ist, umgeben.

Fig. 7—11. V. geminata sp. n.

Fig. 7. Geschlechtsorgane. Die Oosporen sind reif, das Antheridium leer und theilweise zersetzt. ($^{150}/_{1}$.)

Fig. 8. Eine reife Oospore ohne Oogonium-Membran. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 9. Keimling einer ungeschlechtlichen Spore.

Fig. 10—11. Ungeschlechtliche Sporen auf den Thallusfäden aufsitzend. ($^{229}/_{1}$, $^{150}/_{1}$.)

Fig. 12—16. V. hamata sp. n.

Fig. 12. Geschlechtsorgane. Die Oosporen sind unreif, das Antheridium leer. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 13 u. 14. Reife Oosporen ohne die Oogonium-Membran. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 15. Ein Sporangium mit noch unausgebildeter ungeschlechtlicher Spore. ($^{150}/_{1}$.)

Fig. 16. Ein Sporangium mit ausgebildeter geschlechtloser Spore. ($^{150}/_{1}$.)

Taf. XIII.

Fig. 17. V. hamata sp. n. Gekeimte ungeschlechtliche Spore; Keimfaden junge Sexualorgane tragend. ($^{114}/_{1}$.)

Fig. 18—19. V. terrestris Lyngb. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 18. Geschlechtsorgane, jugendlich.

Fig. 19. Eine reife Oospore, umgeben mit einem gallertartigen Saum, welcher aus der Oogoniumwand entstanden ist.

Fig. 20—24. V. sericea Lyngb. ($^{229}/_{1}$.)

Fig. 20. Geschlechtsorgane vor der Befruchtung.

Fig. 21. Geschlechtsorgane während der Befruchtung.

Fig. 22. Eine reife Oospore in dem Oogonium.

Fig. 23. Spermatozoiden; b lebendig; a durch Jod getödtet.

Fig. 24. Zoosporen.

Fig. 25 u. 26. V. aversa Hass.

(Von Prof. de Bary abgebildet.)

Fig. 25. Reife Oospore im Oogonium. ($^{390}/_{1}$.)

Fig. 26. Keimende Oospore. ($^{190}/_{1}$.)

Taf. XIV.

Fig. 27. V. aversa Hass. Geschlechtsorgane nach der Befruchtung. Oosporen unreif. ($^{100}/_{1}$.)

Fig. 28—33. V. dichotoma.

(Fig. 28 u. 29 von Herrn Woronin mitgetheilt; Fig. 30, 31 von Prof. de Bary.)

Fig. 28. Ein Stück des Thallusfadens mit Antheridien. ($^{105}/_{1}$.)

Fig. 29. Eine Antheridie während der Entleerung. ($^{300}/_{1}$.)

Fig. 30. Ein Stück des Fadens mit einer reifen Spore. ($^{200}/_{1}$.)

Fig. 31. Stück der künstlich entleerten Sporenmembran. ($^{300}/_{1}$.)

Fig. 32. Ein Sporenkeimling.

Fig. 33. Ein Stück des Thallus, auf welchem drei Sporen sitzen, von denen eine gekeimt hat. ($^{25}/_{1}$.)

Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime.

Von

Dr. A. B. Frank.

(Mit Taf. XV—XVI.)

Die Form, in welcher die vegetabilischen Schleime in der Pflanze auftreten, ist nur für einige dieser Körper mit Sicherheit erwiesen; bei vielen anderen sind die vorhandenen Angaben höchst mangelhaft und zum Theil widersprechend; für die wenigsten aber ist eine befriedigende Untersuchung der Entwickelungsgeschichte, welche die unzweifelhafteste Aufklärung über ihre Bedeutung geben könnte, vorhanden. Bei Gelegenheit der chemischen Untersuchung dieser Stoffe[1]) schien mir die Erörterung dieser Fragen von besonderem Interesse zu sein, und ich habe diesen Theil meiner Untersuchungen von dem ersteren getrennt, um ihn an diesem Orte zur Kenntniss zu bringen.

1. Schleim der Leinsamen.

Der Schleim der Leinsamen wurde, wie der der übrigen schleimgebenden Samen, von Kützing[2]) für eine Auflagerung der Aussenfläche der Zellhaut gehalten, von welcher er durch Schütteln mechanisch abgerissen werde. Cramer[3]) erkannte seine wahre Bedeutung als secundäre Membran der äusseren Zellschicht; er zeigte, dass in den oberflächlichen, später mit Schleim erfüllten, sowie in den nächstliegenden tieferen Zellen des jungen Samens von Linum, Cydonia

1) Journ. f. prakt. Chemie XCV, p. 479 ff.

2) Grundzüge der philosoph. Bot. I, p. 194.

3) Pflanzenphysiol. Untersuchungen. Zürich 1855, p. 1.

und Plantago ursprünglich zahlreiche Stärkekörner enthalten seien, welche später wieder resorbirt werden, und von denen er glaubt, dass sie sich in Schleim umwandeln. Karsten[1]) betrachtet die aufquellbare Substanz der genannten Samen als die aus concentrischen Wachsthumsschichten zusammengesetzte Membran der Tochterzellen der Oberhautzellen. Nach ihm soll dieselbe nicht als ein Niederschlag aus dem Zellsafte auf die innere Wand der Zelle entstehen, sondern als ein Product „der durch die Assimilationsthätigkeit bewirkten Umwandlung der Zellmembranen“ zu betrachten sein. Auch Nägeli[2]) lässt den Schleim die Verdickungsschichten der äusseren Zellschicht bilden. Nach Hofmeister[3]) stellt die aufquellende Substanz bei Linum usitatissimum eine Verdickung der Aussenwand der oberflächlichen Zellen dar, welche so stark ist, dass nur in einzelnen Zellen Reste der Zellhöhlung erkannt zu werden pflegen, und welche homogen, ohne Schichtung erscheinen soll.

Wird ein recht dünner Querschnitt durch die Epidermis des Leinsamens unter Alkohol beobachtet, so zeigt sich, dass der Schleim die oberflächlichen Zellen als eine nur undeutlich geschichtete Masse fast gänzlich ausfüllt; nur in der Mitte liegt ein höchst enger, kappenförmiger, nach innen concaver Hohlraum (Fig. 1, a). Bringt man vorsichtig Wasser hinzu, bis eine Spur von Aufquellung eintritt, und sistirt dann dieselbe sofort durch Alkoholzusatz, so erscheint die Zellhöhlung deutlicher (Fig. 2, a), und der Schleim erweist sich als secundäre Membran von schichtenförmigem Baue, die sowohl der äusseren als der inneren Zellwand angehört. Die Zellhöhle scheint Hofmeister an einer falschen Stelle gesucht zu haben, daher ihm die konische secundäre Membran der Innenwand entgangen ist. Bei Einwirkung von Wasser quellen die secundären Membranen rasch zu einer optisch homogenen Masse auf; nur die dünnen primären Membranen bleiben unverändert, doch lässt sich eine Streckung der Seitenwände nicht verkennen. Mit Jod und Schwefelsäure nehmen die primären Membranen eine blaue Farbe an. Der Schleim wird dadurch nicht gefärbt; mit Salpetersäure liefert er Kleesäure und Schleimsäure; er gehört somit nicht zur Cellulose, sondern zum Pflanzengummi. In Kupferoxydammoniak ist der Schleim unlöslich, so dass nicht nur seine wässrige Lösung durch dieses Reagens in

1) Ueber die Entstehung des Harzes u. s. w. Bot. Zeit. 1857, p. 319.

2) Pflanzenphysiol. Untersuch. 2. Heft. Zürich 1858, p. 211.

3) Berichte der königl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Mathem.-Physik. Cl. 1858, p. 20.

Flocken gefällt wird, sondern auch eine Aufquellung der Samen in demselben kaum erfolgt, wenngleich die Zellhöhle dabei mit grösserer Deutlichkeit sichtbar wird. Man kann sich daher auch auf diese Weise leicht den Bau dieser Schleimzellen klar machen.

An unreifen Samen, noch ehe die Grünfärbung des Embryo eingetreten ist, findet man die oberflächlichen Zellen wie die übrigen noch dünnwandig, nur die äussere Wand ist durch eine schon gebildete Cuticula stärker als die Seitenwände. Diese Zellen und ebenso die der zunächst angrenzenden Schicht sind reichlich mit einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern und etwas kleinkörniger, durch Jod sich bräunender Substanz erfüllt. Mit dem Eintritt der Grünfärbung des Embryo geht nun die Entstehung der aufquellbaren secundären Membranen der oberflächlichen Zellen ziemlich Hand in Hand, und die Ausbildung derselben ist dann auch in kurzer Zeit beendet. Zuerst erscheint auf der Innenfläche der Aussenwand die secundäre Membran in wenigen Schichten, während die Zellen noch dicht mit Stärkekörnern erfüllt sind (Fig. 3); in kurzer Zeit verdickt sich dieselbe aber durch Ablagerung neuer Schichten, so dass die Zellhöhle von aussen nach innen beträchtlich verkleinert wird (Fig. 4). Auch dann enthalten die oberflächlichen und die zunächst benachbarten Zellen noch zahlreiche Stärkekörner, von denen aber viele an den Rändern corrodirt erscheinen, also im Zustande der allmählichen Auflösung sich befinden. Zuletzt erst werden die Schichten des kegelförmigen, der Innenwand der Zelle angehörigen Theiles der secundären Membran, welche das Lumen der Zelle allmählich ausfüllt, abgelagert, indessen der Stärkegehalt der Zelle fortwährend schwindet. In allen diesen Entwickelungsstadien quellen die Verdickungsschichten beim Betupfen mit Wasser auf, treten aus der Zelle heraus und nehmen dabei die eingeschlossenen Stärkekörner mit sich fort; durch Alkohol werden sie wieder zum Gerinnen gebracht; auch färben sie sich bereits in diesen Stadien mit Jod und Schwefelsäure nicht blau, sondern nur gelb. Sie dürften somit schon vom ersten Erscheinen an aus demselben chemischen Stoffe gebildet sein, wie im ausgebildeten Zustande.

Die Seitenwände aller dieser Schleimzellen werden von den nicht aufquellenden primären Membranen gebildet; es findet also während der Ablagerung der schleimigen Verdickungsschichten keine Zelltheilung statt, und die Schleimzellen sind nicht, etwa nach Analogie der Epidermis des Viscumstammes, die Tochterzellen der Oberhautzellen, für welche sie Karsten ausgiebt. — Die Entstehung

und das Wachsthum der aufquellbaren Zellwände durch Apposition an die primäre Membran und nicht durch Umwandlung und Intussusception der letzteren wird nicht nur dadurch wahrscheinlich, dass am ausgebildeten Samen nach der Behandlung mit Wasser die oberflächlichen Zellen noch immer aus den unveränderten primären Membranen, wie in den jugendlichen Zuständen, wo noch kein Schleim gebildet ist, bestehen, sondern auch dadurch, dass die innersten Schichten der secundären Membran der Aussen- und Seitenwände einen viel geringeren Flächenraum besitzen, als der von ihnen verdeckte Theil der primären Membran. Wenn sich nun auch in diesem Falle kein eigentlicher Beweis für das Wachsthum durch Apposition beibringen lässt, so muss doch der Bestimmtheit, mit welcher Karsten die Entstehung des Schleimes durch Umwandlung und Intussusception der ursprünglichen Membran behauptet, entschieden entgegengetreten werden, denn wenn derselbe dafür als Beweis das Wachsthum der Zelle während der Bildung der Verdickungsschichten anführt, so trifft dieses Argument schon gar nicht zu, weil das Wachsthum dieser Zellen bei Entstehung ihrer Verdickungsschichten schon zu Ende ist; übrigens würde aus einem Wachsthume der Zelle während der Bildung ihrer Verdickungsschichten, unter der Voraussetzung der constant bleibenden Dichtigkeit der Zellhaut, allerdings noch eine Intussusception in allen vor dem Wachsthumsabschlusse gebildeten Schichten, nimmermehr aber eine Differenzirung einer ursprünglich homogenen Membran in verschieden organisirte Lamellen gefolgert werden müssen. Und wenn Karsten gar an einer anderen Stelle (l. c. p. 319) den Mangel der Aufquellungserscheinungen am unreifen Samen als Beweis für die spätere Umwandlung der Zellmembran in die aufquellende Substanz einführen will, so ist das ein Unternehmen, dessen Kritik wohl unterbleiben kann.

Von den zahlreichen übrigen Samenschleimen gehören noch einige in die Gruppe des Leinsamenschleimes; unter ihnen ist der bekannteste der von Plantago Psyllium. Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung desselben sind von den verschiedenen Forschern die nämlichen Ansichten gehegt worden wie beim Leinsamenschleime.

Der Schleim der Plantago-Arten (Plantago Psyllium, lanceolata) füllt die oberflächlichen Zellen des Samens fast vollständig aus, nur bisweilen ist im Grunde der Zelle noch ein Rest einer seichten Zellhöhle mit etwas körnigem Stoffe vorhanden. Dünne Schnitte zeigen unter Alkohol, am besten wenn ein Minimum von Aufquellung vorhergegangen ist, den Schleim aus zahlreichen, der Aussenwand

der Zelle parallelen Schichten gebildet, wie dies Hofmeister (l. c. Taf. I. Fig. 2c) bereits dargestellt hat. Dass der Schleim in der That als secundäre Membran der Aussenwand zu betrachten ist, zeigt die Entwickelungsgeschichte unzweideutig. In den reifenden Samen von Plantago lanceolata besteht, wie bei Linum, die oberflächliche Schicht anfänglich aus dünnwandigen Zellen, welche dicht mit einfachen und zusammengesetzten Stärkekörnern erfüllt sind. Es erscheint dann zunächst eine dünne, aufquellbare Verdickungsschicht der Innenseite der Aussenwand aufgelagert, welche mit fortschreitender Entwickelung des Samens an Mächtigkeit gewinnt, wobei die Stärkekörner allmählich resorbirt werden, bis endlich fast das ganze Lumen von den Verdickungsschichten ausgefüllt und der Stärkegehalt gänzlich verschwunden ist. Die Plantagoschleime lösen sich, verschieden vom Leinsamenschleim, mit Leichtigkeit im Schweizer'schen Reagens auf. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie gleichfalls nicht gebläut; mit Salpetersäure lieferte mir der Flohsamenschleim Kleesäure und Schleimsäure, er gehört somit, wie der Leinsamenschleim, zum Pflanzengummi.

An diese Gruppe der Samenschleime reiht sich, wenn auch dem inneren Gewebe der vegetativen Organe angehörig, jedoch in chemischer und histologischer Hinsicht hierher gehörig, der Schleim der Althaea officinalis an.

Nach Link[1]) liegt der Eibischschleim in den Zellen der Wurzeln als kleine Körner, wie das Stärkemehl, die aber bei Aufguss von Wasser verschwinden sollen. Schmidt[2]) tritt dieser Angabe entgegen, die dünnwandigen Zellen der Wurzel seien ganz mit Stärkekörnern angefüllt und letztere in dem Schleime eingebettet. Nach Kützing[3]) soll auch dieser Schleim mit Jod und Schwefelsäure sich blau färben und daher Cellulose sein; er scheint auch diesen für Verdickungsschichten der Zellmembran zu halten. Wigand [4]) hält diesen und den Schleim der Cacteen für die mehr oder weniger desorganisirte Verdickungsschicht der Zellwand; er beobachtete in der Mitte dieser Schleimzellen mehr oder weniger deutliche Spuren einer undeutlich begrenzten Höhle.

Der Altheeschleim ist in dem Parenchym aller vegetativen Or-

---

1) Schweigger's Journal Band 13, p. 186 ff.

2) Ueber Pflanzenschleim und Bassorin. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1844, p. 53—54

3) l. c. p. 195.

4) Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle, Pringsheim's Jahrb. 3. Band p. 149.

gane, am reichlichsten im Rhizome enthalten. Befeuchtet man einen Querschnitt aus letzterem nur mit so viel Wasser als eben hinreicht, um das Präparat zu erweichen und auszubreiten, so erkennt man unter dem Mikroskope, dass die meisten Zellen des Markes mit Stärkekörnchen reichlich erfüllt sind; unter diesen liegen zerstreut noch andere Zellen, welche sich durch ihren das Licht stärker brechenden, in Folge von Aufquellung halbkugelförmig über das Präparat hervortretenden, keine Formelemente einschliessenden Inhalt als Gummizellen erweisen. Der ganze Gummigehalt des Rhizoms rührt von diesen Zellen her, denn man kann sich durch Betasten mit der Präparirnadel überzeugen, dass die Stärkezellen eine ganz dünnflüssige, die freie Beweglichkeit der Körnchen durchaus nicht hindernde Flüssigkeit enthalten, während nur der Inhalt der Gummizellen an der betupfenden Präparirnadel Faden zieht und auf Zusatz von Alkohol durch Gerinnen undurchsichtig wird. Man bemerkt nun aber auch, dass der Schleim die Zellen meist nicht vollständig ausfüllt, sondern dass in der Mitte eine rundliche oder meist längliche Lücke sichtbar ist (Fig. 5). Setzt man Alkohol hinzu, so tritt sofort ein concentrisch um die centrale Höhle geordneter schichtenförmiger Bau in der vorher scheinbar homogenen Schleimmasse hervor, daher denn die letztere als die secundäre Zellmembran betrachtet werden muss.

Diese Schleimzellen scheinen unter den Malvaceen eine weite Verbreitung zu haben. Nach Schultz[1]) sind es Gummikanäle, welche bei Hibiscus diversifolius von kleinen Zellen umstellt sind, während bei Hibiscus mutabilis nur eine Zelle in einer Zellreihe des gleichmässigen Gewebes fehle. Bei beiden Pflanzen sind es Gummizellen wie bei Althaea mit einer Spur einer centralen Zellhöhle und mit dünnen, nicht aufquellenden, besonders an den bei H. mutabilis häufig paarweise neben einander vorkommenden Schleimzellen deutlichen primären Membranen.

Die Entwickelungsgeschichte erweist unwiderleglich die Bedeutung des Schleimes als secundäre Membran. Sie ist leicht zugänglich an den oberirdischen Stämmen unserer Malven. Bei Malva vulgaris findet sich Gummi ebenfalls als secundäre Membran gewisser Zellen, ausserdem tritt in allen übrigen Zellen des Parenchyms ein gummiartiger Stoff im Zellsafte gelöst auf. Anfänglich sind alle Zellen dünnwandig und mit Protoplasma und mehreren Zellenkernen erfüllt. Später bildet sich dann in den meisten Zellen das Gummi

1) Die Natur der lebendigen Pflanze. Berlin 1823. p. 671.

im Zellsafte, während die Zellenkerne noch in demselben enthalten sind. In einigen wenigen Zellen aber erscheint der primären Membran eine in Wasser aufquellende, durch Alkoholzusatz festwerdende und mehr oder weniger deutlich in concentrische Schichten sich differenzirende Haut aufgelagert, die nicht selten Spuren von Tüpfelbildung zu erkennen giebt (Fig. 6). In den älteren Theilen des Stammes findet man diese Verdickungsschichten von grösserer Mächtigkeit und das Lumen der Zelle entsprechend verengert. Dass auch hier die Schleimschicht nicht auf Kosten der primären Membran entsteht, sondern als eine auf letzterer abgelagerte secundäre Membran aufzufassen ist, lässt sich leicht an den Schleimzellen des Althäarhizomes nachweisen. Wenn diesen Zellen durch Behandlung mit Wasser der Schleim entzogen worden ist, so sind ihre primären Membranen noch unversehrt, wie man deutlich an den Intercellulargängen, welche sie mit den benachbarten Zellen bilden, und am unzweifelhaftesten da erkennt, wo mehrere Schleimzellen unmittelbar einander berühren (Fig. 7).

Der Altheeschleim färbt sich mit Jod und Schwefelsäure nur gelb; mit Salpetersäure behandelt, liefert er Kleesäure und Schleimsäure und gehört daher ebenfalls zum Pflanzengummi.

2. Schleim der Quittensamen.

Ueber die Bedeutung dieses Schleimes sind die nämlichen Ansichten gehegt worden wie über die des Leinsamenschleimes. Kützing[1]) stellt den Quittenschleim zur Cellulose, weil derselbe sich durch Jod und Schwefelsäure blau färbe, und da er bisweilen gefunden habe, dass die Schleimzellen ohne Zusatz von Schwefelsäure durch Jodtinctur blassblau werden, so hält er ihn für mit Amylum vermischt. Auch nach Cramer[2]) wird der Schleim durch Jod und Schwefelsäure gebläut und giebt mit Salpetersäure nur Kleesäure. Nach Hofmeister[3]) ist bei den Quittensamen die Sonderung der aufquellenden verdickten Aussenwand in kappenförmige Lamellen ganz besonders deutlich; letztere vereinzeln sich im Wasser, quellen nur sehr langsam auf und behalten im Wasser liegend ihre Form tagelang.

Wird ein dünner Querschnitt durch die Epidermis des Quittensamens mit Wasser betupft, so zeigt sich, dass die die Zelle ganz

1) l. c. p. 195.
2) l. c. p. 6 ff.
3) l. c. p. 22—23.

erfüllende aufquellbare Substanz aus abwechselnden, kappenförmigen, mit der Concavität der Basis zugekehrten Schichten eines in Wasser löslichen und eines unlöslichen Theiles besteht. Der letztere erscheint in kappenförmigen Lamellen, die sich im Wasser ungelöst, nur aufgequollen, in ihrer Form erhalten, wie dies Hofmeister (l. c. Taf. I. Fig. 3) bereits dargestellt hat. Die dünnen primären Membranen quellen in Wasser nicht auf, nicht einmal eine Streckung der Seitenwände erfolgt, wie dies bei Linum der Fall ist. Jod und Schwefelsäure färben die primären Membranen blau. Der lösliche Theil des Schleimes lässt sich durch Filtration von dem unlöslichen trennen; beide Theile zur Trockne gebracht, färben sich durch Jod weinroth, Zusatz von Wasser bringt darauf eine sehr bald wieder verschwindende blaue Färbung hervor; dagegen erzeugt Schwefelsäure eine viel beständigere tiefe Bläuung. Mit Salpetersäure behandelt liefert der Quittenschleim nur Kleesäure und keine Schleimsäure; er ist somit chemisch von der vorigen Gruppe von Schleimen verschieden, er gehört der Cellulose an. In Kupferoxydammoniak quellen die Verdickungsschichten nur wenig auf und treten aus der Zelle heraus; eine Vertheilung in der Flüssigkeit findet aber nicht statt, die kappenförmigen Schichten bleiben mit Deutlichkeit erhalten.

An dem Eichen der Quitte findet man bald nach dem Verblühen, etwa Mitte Juni, die oberflächliche Schicht aus Zellen von fast quadratischem Durchschnitt und von dünnen Membranen bestehen, welche sich durch Jod und Schwefelsäure blau färben, nur die äusseren Zellwände sind aussen bereits mit einer dünnen, durch Jod und Schwefelsäure gelb gefärbten Cuticula überzogen. Der Zellinhalt besteht wie der der tieferliegenden Zellen aus Protoplasma, welches durch Einwirkung der Säure contrahirt wird. Bis Ende Juli erreichen die Zellen ihre normale Grösse und cylindrische Gestalt, indem die Seitenwände sich beträchtlich verlängern. Der trübe, protoplasmareiche Inhalt führt jetzt kleine Stärkekörnchen in nicht bedeutender Menge und schrumpft durch Säuren zusammen, wodurch die Zellwand als ein noch völlig unverdicktes Häutchen entblösst wird (Fig. 8). Anfang August beginnt dann die Ablagerung der kappenförmigen Verdickungsschichten der Aussenwand und schreitet ziemlich rasch bis auf die Basis der Zelle fort (Fig. 9). Der Zellinhalt ist dabei noch von Protoplasma getrübt, Stärkekörnchen konnte ich in ihm nicht mehr wahrnehmen. Der Quittenschleim ist also ebenfalls als die secundäre und zwar lediglich der Aussenwand angehörige Membran der Epidermiszelle zu betrachten, und da auch hier jede dieser Schleim-

zellen von der primären nicht aufquellenden Membran umhüllt ist, so sind dieselben nicht als Tochterzellen, sondern als die ursprünglichen Epidermiszellen selbst anzusehen. Bereits in diesen Bildungsstadien zeigen die Verdickungsschichten die Fähigkeit, auf Zusatz von Wasser stark aufzuquellen und aus der Zelle herauszutreten, auch färben sie sich um diese Zeit schon durch eingetrocknetes Jod weinroth und auf nachherigen Zusatz von Schwefelsäure blau, und dürften somit auch hier als schon von Anfang an aus demselben chemischen Stoffe bestehend betrachtet werden müssen. Wenn die Ansicht von Cramer, dass die Stärkekörner der oberflächlichen und der angrenzenden Zellen der unreifen schleimgebenden Samen das Material für die Bildung des Schleimes liefern, für Linum viel Wahrscheinlichkeit in Anspruch nimmt, so würde doch bei der Quitte der Stärkegehalt jener Zellen nur einen höchst geringen Theil dieses Materials hergeben können.

An den Quittenschleim schliesst sich in chemischer und histologischer Hinsicht eine grosse Reihe von Schleimen an, welche die Verdickungsschichten der Seitenwände der oberflächlichen Zellen von Samen oder Pericarpien darstellen, und als deren Vertreter der Schleim der Salvia-Arten gelten mag. Schleiden[1]) hielt denselben für den Zellinhalt; dagegen zeigte v. Mohl[2]), dass er bei den Ruellien ein aufquellender Theil der Zellwand sei. Nach Hofmeister[3]) besteht die aufquellbare secundäre Membran der Schleimzellen von Salvia Horminum aus einer äusseren und einer inneren stark aufquellbaren Schicht, zwischen welchen beim Quellen eine mittlere stärker lichtbrechende hervortritt und zu einem in der Regel links gewundenen Spiralbande auseinanderweicht. Diese durch Zerreissung entstehende Spiralfaser sei anfangs einfach und spalte sich bei weiterem Aufquellen in vier secundäre dünne Fasern. Neuerdings wies Nägeli[4]) darauf hin, dass der Schleimcylinder dieser Zellen, besonders deutlich der kein Spiralband umschliessende von Ocymum basilicum, concentrisch geschichtet sei, und die einzelnen Schichten auf der Längsansicht spiralig gestreift erscheinen durch abwechselnde stärker und schwächer aufquellende Streifen. Bei Salvia, auch bei S. Horminum, liegt nach Nägeli auf der Innenfläche

1) Beiträge zur Bot. p. 136.

2) Bot. Zeit. 1844, p. 323.

3) l. c. p. 28.

4) Ueber den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembran. Sitzungsberichte der königl. bair. Akad. d. W. 9. Juli 1864, p. 48 ff.

des Spiralbandes keine Schleimschicht; das Spiralband bilde im unaufgequollenen Zustande eine ununterbrochene Lamelle, welche mit abwechselnden, sehr niedergedrückten Spiralstreifen von verschiedenem Verhalten zu Wasser versehen sei und beim Aufquellen durch eine Trennung an den weichen Streifen spiralig zerreisse. Bei S. Horminum seien die Spiralbänder sehr dicke, wendeltreppenartige, im Profil der Längenansicht als Stäbchen erscheinende Platten, in welche die Lamelle in ihrer ganzen Dicke zerreisse; überdies sei diese Lamelle concentrisch geschichtet durch abwechselnde Lagen aufquellender und nicht aufquellender Substanz, und auf diese Weise werde die Spiralplatte in drei bis vier secundäre Spiralfasern zerrissen.

Mir kam es zunächst darauf an, ein Urtheil darüber zu erhalten, ob die Spiralfasern, welche sich von wirklichen (als partielle Verdickung auftretenden) Spiralfasern in nichts unterscheiden, in der That durch Zerreissung einer in der nicht aufgequollenen Zelle continuirlichen Membran entstehen, was von Hofmeister und Nägeli zwar behauptet wird, aber nicht mit Sicherheit aus ihren Untersuchungen hervorgeht. Im nicht aufgequollenen Zustande ist nun allerdings über diese Verhältnisse nicht ins Klare zu kommen. Indessen findet man an den aufgequollenen Gallertschläuchen bisweilen Stellen, welche keine oder nur eine unbedeutende Quellung erlitten haben. So stellt Fig. 10 mehrere Fetzen der innersten Schicht der secundären Membran dar, auf welche das Wasser nur unbedeutend eingewirkt hat. Dieselben bilden hier in der That zusammenhängende Lamellen, welche mit einer höchst feinen Querstreifung versehen sind. Die Streifungslinien sind aus schwächer lichtbrechender und röthlich erscheinender, also minder dichter, weicherer Substanz gebildet (wie die Zwischenräume zwischen den Schichtungsschalen des Stärkekornes), und in diesen Richtungen erfolgt auch die Zerreissung der Lamellen in Fasern, wie dies an einigen Stellen der Figur deutlich ist. Das hier Gesagte bezieht sich auf Salvia sylvestris.

Sobald die zur Frucht sich ausbildenden Ovarien von Salvia sylvestris die Grösse des Acheniums erreicht haben, lassen die oberflächlichen Zellen mit Wasser benetzt Schleim austreten. Betrachtet man einen Querschnitt durch diese Zellschicht aus dieser Periode unter Alkohol, so zeigt sich auf der Innenseite der primären Membran bereits eine dünne Verdickungsschicht (Fig. 11 A, s); die Zelle ist mit braungelbem, körnigem Inhalte erfüllt, Stärkekörner nicht zu bemerken. Benetzt man das Präparat mit Wasser, so quillt die secundäre Membran rasch unter beträchtlicher Verengung der Zellhöhle

auf (Fig. 11 B). Die aufquellende Substanz erscheint dabei ganz homogen; auch auf Längsansichten zeigen sich die aus den cylindrischen Zellen hervorgetriebenen Schleimcylinder aus einer gleichartigen Substanz gebildet. Wenn die reifenden Früchtchen sich dunkelbraun zu färben beginnen, so erscheinen die Verdickungsschichten auf unter Alkohol liegenden Querschnitten nur wenig dicker als im ersteren Falle, aber man kann mehr oder weniger deutlich zwei concentrische Schichten an denselben unterscheiden (Fig. 12 A). Setzt man jetzt Wasser zu, so quillt nur die äussere Schicht der secundären Membran in der früheren Weise beträchtlich auf, während die innere nicht an Mächtigkeit zunimmt und nun durch stärkere Lichtbrechung noch deutlicher sich von der äusseren abhebt, indem sie als ein in Folge der Aufquellung der umgebenden Substanz gefaltetes Häutchen das verkleinerte Lumen der Zelle auskleidet (Fig. 12 B). Auf der Längsansicht der aufquellenden Zellen erscheint diese tertiäre Membran als ein meist vierfaches Spiralband. Allein in beiden Fällen wird in diesem Entwickelungsstadium der Zelle die tertiäre Membran mit Wasser in Berührung sehr rasch undeutlich, sie verliert ihre scharfen Contouren und ist bereits wenige Minuten nach der Benetzung des Präparates mit Wasser der Beobachtung entzogen. Bis zur Reife der Frucht tritt nun in diesen Zellen keine Veränderung weiter ein, als die, dass die tertiäre Schicht immer resistenter gegen Wasser wird und endlich in der völlig reifen Frucht als ein gegen tagelange Einwirkung von Wasser gänzlich indifferentes Spiralband erscheint.

Jod allein bringt an dem Salviaschleime keine Färbung hervor, dagegen wird durch Jod und Schwefelsäure nicht nur die Schleimschichte, sondern auch das Spiralband intensiv blau gefärbt; und zwar treten diese Reactionen auch schon in der jugendlichen Zelle an der noch in der Bildung begriffenen secundären Membran ein.

Aus der hier gegebenen Entwickelungsgeschichte geht hervor, dass von den Verdickungsschichten dieser Zellen die aufquellbare secundäre Membran zuerst auftritt und übereinstimmend mit den bisher betrachteten schleimgebenden Zellen schon bei ihrer Entstehung die chemischen und physikalischen Eigenthümlichkeiten ihres ausgebildeten Zustandes besitzt; ferner dass die tertiäre nicht aufquellbare Schicht erst nach der Entstehung der secundären Membran erscheint. Der Umstand, dass die tertiäre Schicht in ihren jüngsten Stadien ebenfalls aufquellbar ist, und nach deren Aufquellung die Verdickungsschichten denselben Anblick bieten wie in dem Stadium, in welchem

jene Schicht noch fehlt, liefert ohnstreitig einen Wahrscheinlichkeitsgrund für diejenige Ansicht, welche die spiralig zerreissende Innenschicht nicht durch Apposition, sondern durch Differenzirung aus der Schleimschicht entstehen lässt; um jedoch ein entscheidendes Urtheil in dieser Richtung zu fällen, genügt er offenbar noch nicht. Wohl aber wird dadurch mit Sicherheit erwiesen, dass bei der Bildung der Zellmembran gewisse Theile derselben ihre physikalischen Eigenschaften wechseln können in Folge einer directen Umwandlung der Cellulose in eine neue Modification.

Von besonderem Interesse sind noch die Samenhaare der Ruellien, indem wir bei ihnen dem seltenen Falle begegnen, dass auf eine partielle secundäre Membran (Ringfasern) eine gleichmässige tertiäre Schicht folgt, ein Verhältniss, für welches ich ein ähnliches Beispiel an den Knötchenzellen des Eibenbastes nachgewiesen habe [1]. Während aber in dem letzteren Falle die Lücken der partiellen secundären Membran bei der Bildung der gleichmässigen tertiären Schicht nicht ausgefüllt werden, sondern als kleine Hohlräume in der Zellwand persistiren, liegt bei den Ruellien die tertiäre Schicht in den Zwischenräumen zwischen den Ringfasern der primären Membran dicht auf und schmiegt sich, ohne Hohlräume übrig zu lassen, über die Ringfasern hinweg. Aus diesem Grunde und wegen der nahen Verwandtschaft dieser Zellen mit den Schleimzellen von Salvia etc. liegt die Vermuthung nahe, ob die Ringfasern nicht etwa aus einer nachträglichen Differenzirung der gleichmässigen, gallertartigen Verdickungsschichten hervorgehen. Indessen findet man an den jungen Samenhaaren die erste zarte Anlage der Ringfasern auf der Zellwand, ohne dass bereits eine Schleimschicht vorhanden ist; ja selbst wenn die Ringfasern vollständig ausgebildet sind, ist noch keine solche nachweisbar; dieselbe tritt erst einige Zeit nach der Vollendung der Ringfasern auf. In diesem Umstande mag auch die Erklärung dafür liegen, dass Hofmeister einigen Ruellien (R. ciliata) die Schleimschicht in den Samenhaaren abspricht [2], während Nägeli [3] eine solche fand.

In einer anderen Beziehung interessant sind die ebenfalls hierher gehörigen Schleimzellen des Samens von Teesdalia nudicaulis. Nach Hofmeister [4]) stellt hier der aufquellende Theil der Zellwand einen bandförmigen Membranstreifen dar, welcher mit dem einen

1) Bot. Zeit. 1864, p. 160.

2) l. c. p. 27.

3) l. c. p. 52.

4) l. c. p. 24.

Rande in engsten rechtsumläufigen, dicht auf einander liegenden Schraubengängen um eine Achse gewunden ist, die mit einem im Mittelpunkte der freien Aussenfläche der Zelle errichteten Perpendikel zusammenfällt, wobei die Umgänge an ihren Innenrändern mit einander verwachsen. Der Membranstreifen ist zusammengesetzt aus 4 bis 6 seinen Rändern parallelen durchgehenden Streifen festerer wenig anschwellender, und neben wie zwischen ihnen liegenden Längsstreifen rasch bis zur Verflüssigung aufquellender Substanz. Hofmeister stellt nun, auf Teesdalia sich stützend, der Mohl'schen Lehre von dem Baue der vegetabilischen Zellmembran aus concentrischen Schichten eine neue Auffassung desselben als einer Schichtung, die auf der Involution einer Membran beruht, gegenüber [1]). Es hat nun schon Nägeli [2]) die Vermuthung ausgesprochen, die Verhältnisse bei Teesdalia möchten wohl von Hofmeister falsch gedeutet worden sein, und es unterliegt keinem Zweifel, dass derselbe gerade durch Teesdalia getäuscht worden ist.

Auf einem Durchschnitte durch den Samen unter Alkohol erkennt man in den oberflächlichen Zellen, nachdem durch Zusatz von wenig Wasser eine sehr geringe Aufquellung stattgefunden hat, dass nur ein Minimum einer Zellhöhle (Fig. 13 l) im Grunde der Zelle vorhanden ist. Die Verdickungsschichten sind auf der Aussenwand und den Seitenwänden abgelagert; und zwar sind folgende scharf abgegrenzte Theile derselben zu unterscheiden. Zunächst eine äussere, aufquellende, aber, so viel sich erkennen lässt, völlig structurlose Schicht (a); darauf folgt eine gleichfalls und zwar stark aufquellbare Schicht (b), welche mehr oder weniger deutlich mit einer feinen, dichten Querstreifung versehen ist; endlich eine dritte innerste, wiederum structurlose, aber nicht, selbst nicht in kochendem Wasser, merklich aufquellende, stärker lichtbrechende, bis auf den basalen Rest der Zellhöhle massive, konische Schicht (c). Die nämlichen Theile der secundären Membran lassen sich nun auch auf einem der Oberfläche des Samens parallelen Durchschnitte durch diese Zellen (Fig. 14) unterscheiden, und zwar zeigt sich hierbei, dass eine minimale Aufquellung in der mittleren Schicht b auch eine concentrisch geschichtete mehrfache Streifung hervortreten lässt. Setzt man nun die Zellen einem etwas höheren Grade von Aufquellung aus, so ist die nächste Folge die, dass die Mittelschicht b als ein Hohlcylinder aus der Zelle hervorgetrieben wird, indem sie, an ihren unteren Thei-

1) l. c. p. 30. 2) l. c. p. 54.

len fortwährend in fester Verbindung mit der primären Zellwand bleibend, durch die Wassereinlagerung eine starke Verlängerung in der Richtung der Achse der Zelle erfährt und somit je entfernter vom Grunde der Zelle sich um so weiter von dem gegen Wasser resistenten und daher unverändert in der Zelle zurückbleibenden, konischen Innentheil der secundären Membran abstreifen muss. An Samen, welche ihre Reife noch nicht vollständig erreicht haben, fehlt der innere konische Theil c, die Mittelschicht b umgiebt unmittelbar die noch grosse Zellhöhle, und die letztere ist mit Stärkekörnchen dicht erfüllt. Auf Wasserzusatz zeigt die Mittelschicht hier genau das nämliche Verhalten, wie im ausgebildeten Samen; die Stärkekörnchen sind allenthalben in dem Schleimcylinder eingeklemmt und werden bis auf die im unteren Theile der Zelle liegenden von demselben mit herausgehoben. Ausserdem findet man in den der Reife nahestehenden Samen nicht selten Zellen, deren Entwickelung weiter bis zur Anlage oder bis fast zur Vollendung der Innenschicht fortgeschritten ist, und man sieht dabei, dass die Stärkekörnchen in dem Maasse verschwinden, als die Innenschicht abgelagert wird[1]). Auf der Längsansicht des ausgetretenen Hohlcylinders zeigt sich nun in beiden Entwickelungsstadien die frühere Querstreifung deutlicher in Gestalt eines mehrfachen Systemes in einander steckender Spiralfasern, welche rechtwinklig zur Achse höchst enge Windungen beschreiben (Fig. 15). Stücke des Schleimcylinders, welche unvollständig aufgequollen sind, von oben gesehen, zeigen den Anfang der Sonderung in concentrische Fasern (Fig. 16; vergl. Fig. 14). Lässt man endlich reichlich Wasser auf die Zellen einwirken, so erscheinen deutliche, doppelt contourirte, häufig verzweigte oder netzförmig verbundene Spiralfasern, und zwar bietet sich dabei, da mehrere umeinander liegende Systeme von Spiralfasern vorhanden sind, gewöhnlich ein ziemlich wirres Bild, in welchem nur schwer eine einzelne Faser auf eine längere Strecke verfolgt werden kann. Indessen sind immer die äussersten Spiralfasern die deutlichsten, und diese erscheinen, wenn das Präparat durch Druck etwas auseinandergetrieben wird, continuirlich fortlaufend, den Schleimcylinder umkreisend (Fig. 17). In Anbetracht aller dieser Verhältnisse ist kein Grund vorhanden, dem Schleimcylinder von Teesdalia einen anderen Bau zuzu-

1) In dieser nachweislichen Aufeinanderfolge der Entstehung beider Schichten der secundären Membran liegt der directe Beweis für das Dickewachsthum der Membran dieser Zellen durch Apposition auf der Innenseite und nicht durch Intussusception und Differenzirung einer ursprünglichen, gleichartigen Haut.



schreiben, als einen concentrisch geschichteten, wobei jede Schicht beim Aufquellen eine oder mehrere Spiralfasern hervortreten lässt. Es kommen nun aber Erscheinungen vor, welche geeignet sind, eine Täuschung zu veranlassen. Gewöhnlich wird der Schleimcylinder beim Aufquellen allseitig gleichmässig aus der Zelle hervorgetrieben; dann stehen seine Fasern genau rechtwinklig zu seiner Achse (Fig. 15). Häufig wird aber, sei es in Folge einer einseitig stärkeren Aufquellbarkeit, sei es in Folge eines einseitig wirkenden Hindernisses, eine Seite des Cylinders leichter hervorgetrieben; dann schlüpfen offenbar die Fasern, mehr oder weniger gegen die Achse geneigt, aus der Zelle hervor. Ferner kommt es nun häufig vor, dass die Fasern an manchen Stellen unterbrochen oder wenigstens sehr undeutlich sind (Fig. 17 x), was auf eine Entstehung der Fasern durch Differenzirung der ursprünglich gleichmässig aufquellenden Membran hinzudeuten scheint, und dann seinen Grund darin haben würde, dass die eine stärkere Resistenz gegen Wasser bewirkende moleculare Umsetzung an gewissen Stellen unterbleibt. Bisweilen sind eine Strecke weit die aufeinanderfolgenden Fasern nur zur einen Hälfte ausgebildet, und es erhellt, dass, wenn in diesem Falle die mit den ausgebildeten Faserstücken versehene Seite stärker als die andere aus der Zelle hervorgetrieben wird, im Wesentlichen das von Hofmeister a. a. O. Fig. 6 wiedergegebene Bild entstehen muss. Die daselbst doppelt contourirten Linien sind daher als die oberflächlichen Fasern des Schleimcylinders, und nicht als Grenzlinien in einander steckender Kappen zu betrachten.

An dieser Stelle mag noch eines anderen die secundären Membranen von Pflanzenzellen bildenden und in physikalischer und chemischer Hinsicht sich hier anschliessenden Stoffes Erwähnung geschehen, den schon Schleiden[1]) wegen seiner angeblichen Löslichkeit in kochendem Wasser und seiner Fähigkeit, mit Jod allein sich leicht blau zu färben, von der Cellulose als Amyloid unterschied. Nägeli[2]) lehrte noch weitere Beispiele für solche Zellen kennen; nach ihm ist dieser Stoff als eine Mischung aus Amylum und Cellulose zu betrachten. Derselben Ansicht ist auch Kabsch[3]).

Die Cotyledonzellen von Tropaeolum majus bestehen aus einer dünnen, weder durch blosses Jod, noch durch Jod und Schwefelsäure

1) Beiträge I, p. 168.

2) Pflanzenphysiol. Untersuchungen. 2. Heft. Zürich 1858, p. 210.

3) Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Pflanzengewebe. Pringsheim's Jahrbücher III, p. 397.

sich blau färbenden primären (Fig. 18 p) und einer dicken, von Tüpfelkanälen unterbrochenen, durch Jod allein sich sofort bläuenden secundären Membran (Fig. 18 s). Letztere erscheint unter Wasser homogen; durch Jod gefärbt zeigt sie aber mehrere Schichten von verschiedenem Verhalten: die innerste ist von hellerer Färbung als die folgende äussere, dunkel gebläute, und zwischen letzterer und der primären Membran erscheint mehr oder weniger deutlich noch eine Schicht von wiederum hellerer Farbe. Durch Jod und Schwefelsäure treten die Farbennüancen dieser drei Schichten mit noch grösserer Deutlichkeit hervor. In Chlorzinkjod-Lösung quellen die secundären Membranen auf und färben sich gleichmässig hellblau. Auch in starker Schwefelsäure schwellen sie gleichmässig zu einer homogenen Masse an, die sich allmählich in der Flüssigkeit vertheilt; die primären Membranen bleiben als höchst feines Netzwerk unverändert. In Kupferoxydammoniak quellen die secundären Membranen von aussen nach innen allmählich auf, ohne sich wirklich im Lösungsmittel zu vertheilen. In kaltem Wasser bleibt das Zellgewebe unverändert; werden dagegen Durchschnitte durch den Samen einige Zeit mit Wasser gekocht, so nimmt das Gewebe das in Fig. 19 dargestellte Aussehen an: die primären Membranen haben keine Veränderung erlitten, aber die Verdickungsschichten sind beträchtlich aufgelockert und haben ihre scharfen Contouren mehr oder minder verloren. Werden die Embryonen von ihren korkigen Hüllen gereinigt, pulverisirt, das Pulver durch Waschen in Leinwand, bis die Waschflüssigkeit nicht mehr getrübt wird, von dem aus körniger stickstoffhaltiger Substanz bestehenden stärkemehllosen Zellinhalte befreit, und das so erhaltene reine Zellgewebe mit Wasser gekocht, so erhält man eine gleichartig gummöse, klare Flüssigkeit, die durch Filtration von dem Zellgewebsrückstande getrennt werden kann. Alkohol schlägt daraus eine durchsichtige, bei fernerem Zusatze in weissen Flocken sich abscheidende Gallerte, den löslichen Theil der Zellwand, nieder. Wird die Lösung zur Trockne gebracht, so erhält man eine farblose, glasartig amorphe Masse, welche sich durch Jod sofort blau färbt; die wässrige Lösung wird nur schwer von Jod gefärbt, nach einigen Tagen nimmt sie damit höchstens eine dunkelgrüne Farbe an. Durch Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure lässt sich der lösliche Theil in Zucker überführen. Eine vollständige Auflösung der secundären Membran in Wasser konnte aber selbst durch tagelanges Kochen nicht erzielt werden; der grösste Theil verharrte in einem weichen, aufgelockerten Zustande. Jod brachte an demselben noch immer ohne

Weiteres intensive Bläuung hervor. Durch Kalilauge erleiden die Zellen, selbst beim Erwärmen, kaum eine merkliche Veränderung. Diese Thatsachen stehen in Widerspruch mit der Ansicht Nägeli's, dass die Blaufärbung dieser Zellen durch blosses Jod ihren Grund in einer Beimengung von Amylum habe, weil dann durch kochendes Wasser und vollends durch Kalilauge der Zellmembran diese Eigenschaft entzogen werden müsste.

Das die Gefässbündel unmittelbar umgebende und daher namentlich das gesammte an der Insertionsstelle derselben liegende Gewebe ist ebenfalls aus getüpfelten Parenchymzellen gebildet, die nur wenig dünnere Wände haben als die übrigen; ihre secundären Membranen färben sich aber durch Jod allein gar nicht, durch Jod und Schwefelsäure hellblau und quellen in kochendem Wasser nicht auf. Beim Uebergange aus dem durch Jod bläubaren Gewebe verschwindet allmählich die mittlere durch Jod tiefgebläute Schicht, und die secundäre Membran der die Gefässbündel umgebenden Zellen ist der äusseren und inneren hellblau gefärbten Schicht der übrigen analog. An der Grenze beider Gewebe findet nun ein ganz allmählicher Uebergang statt, indem der blaue Farbenton von Zelle zu Zelle blasser wird und so bis zur Farblosigkeit abnimmt und in gleichem Maasse die Resistenz gegen kochendes Wasser sich steigert.

Die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass zur Zeit, wo der Embryo eben ausgewachsen ist, die Cotyledonenzellen ihre volle Grösse ebenfalls erlangt haben, aber noch lediglich aus den dünnen primären Membranen bestehen, welche durch Jodlösung keine blaue Farbe annehmen. Die Zellen enthalten durch Jod sich gelb färbenden kleinkörnigen Stoff und in reichlicher Menge Stärkemehl. Alsbald erscheint nun auf der Innenseite der primären Zellwand die erste Anlage der secundären Membran als ein sehr dünner, schon in diesem Stadium durch Jodlösung sich bläuender Wandbeleg. Sie nimmt nun allmählich an Mächtigkeit zu, während in gleichem Maasse die Stärkekörner durch Auflösung an ihren Rändern verflüssigt werden, bis mit der Vollendung der Zellmembran der Stärkegehalt der Zelle erschöpft ist. Beim Keimen werden in dem Maasse, als sich das Keimpflänzchen vergrössert, die secundären Membranen der hypogäen Cotyledonen wieder aufgelöst; die Auflösung erfolgt von der Innenseite der Membran aus. Zuerst erscheint dieselbe deutlich corrodirt und die Tüpfel sind weiter geworden; gewöhnlich tritt um diese Zeit im Zelleninhalte eine transitorische Stärkemehlbildung auf: es zeigen sich in vielen Zellen einige kleine Stärkekörnchen, um bald wieder zu ver-

schwinden, indess die Auflösung der secundären Membran rasch weiter geht[1]). Endlich bestehen die Zellen der stark eingeschrumpften Cotyledonen nur noch aus den primären Membranen, denen noch ein undeutlicher, durch Jod sich schmutzigblau färbender Rest der Verdickungsschichten und ein Ueberbleibsel des körnigen Inhaltsstoffes ansitzt. In dieser Form sterben die Cotyledonen ab.

Dasselbe Verhalten zu Jod und zu kochendem Wasser zeigen noch viele andere Zellen. Ausser den von Schleiden angegebenen Papilionaceen-Gattungen gehören hierher die Albumenzellen vielleicht aller Primulaceen. So verhalten sich Primula officinalis, Androsace septentrionalis, Anagallis arvensis, Glaux maritima und Samolus Valerandi in dieser Beziehung einander gleich. Ihr Sameneiweis besteht aus stark verdickten getüpfelten Zellen mit körnigem, stickstoffhaltigem, stärkemehlfreiem Inhalte. Jodlösung färbt die Verdickungsschichten tief blau. Nach längerem Kochen mit Wasser erscheinen dieselben stark aufgequollen und aufgelockert, und färben sich durch Jod nur hellblau. Die Einwirkung des Wassers beim Kochen schreitet langsam von den innersten Theilen der Membranen gegen die Peripherie fort, daher der an die primäre Membran grenzende Theil der Verdickungsschichten in grösserer oder geringerer Mächtigkeit noch die frühere tiefblaue Färbung annimmt; erst nach mehrstündigem Kochen ist jene Umwandlung durch die ganze secundäre Membran fortgeschritten. Um zu entscheiden, ob mit dieser Veränderung des Gewebes ebenfalls eine theilweise Auflösung desselben Hand in Hand geht, wurden Samen von Primula officinalis zerkleinert, mehrere Stunden in destillirtem Wasser gekocht, und darauf die Flüssigkeit abfiltrirt. Letztere hinterliess beim Eindampfen eine ähnliche gummiartige spröde Masse, wie bei Tropaeolum, welche durch Jodlösung sofort tief blau gefärbt wurde.

Dass es also in der That in Wasser zum Theil lösliche Zellmembranen giebt, was v. Mohl[2]) bestreitet, ist hiernach ausser allem Zweifel. Ebensowenig zweifelhaft kann es aber sein, dass der in Rede stehende Stoff nicht als ein besonderer Körper betrachtet werden darf, weil Verschiedenheiten im Verhalten zu Wasser und unwesentliche Abweichungen in der Färbbarkeit durch Jod bei sonst gleichen Eigenschaften keine besonderen chemischen Verbindungen bedingen

1) Die Beziehung dieser transitorischen Stärkebildung zu der Auflösung der Zellwände springt in die Augen. Vergl. Sachs, Handb. der Experimentalphysiologie der Pflanzen, p. 367.

2) Vegetabilische Zelle, p. 35.

können. Wir müssen vielmehr annehmen, dass die Cellulose, ein Stoff, den die Natur in so verschiedenen Verhältnissen und zu so mannichfachen Zwecken verwendet, auch eine entsprechend grosse chemische und physikalische Polymorphie besitzt. Selbst anatomische Gründe, wie die Uebergangszellen zwischen dem durch Jod bläubaren und dem ungefärbt bleibenden Gewebe in den Cotyledonen von Tropaeolum, sprechen für diese Auffassungsweise. v. Mohl schreibt der Schleiden'schen Ansicht über die chemischen Verhältnisse der Zellmembran nur in dem Falle eine Berechtigung zu, wenn erwiesen wäre, dass das abweichende Verhalten des Zellstoffes verschiedener Zellen zu Wasser und zu Jod demselben auch im vollkommen reinen Zustande zukäme [1]). Allein auch dann würde man immer noch nicht berechtigt sein, diese sich verschieden verhaltenden Stoffe für mehr als für blosse Modificationen einer und derselben chemischen Verbindung, der Cellulose, zu betrachten. Auf die Frage nach der Abhängigkeit der Eigenschaften der Zellmembran von ihrem Gehalte an unorganischen Beimengungen werden wir unten zurückkommen.

3. Schleim der Orchisknollen.

Bei Gelegenheit seiner chemischen Arbeiten über den Salepschleim hat Schmidt [2]) auch eine mikroskopische Untersuchung der Orchisknollen versucht. Im frühesten Zustande sollen dieselben einen homogenen Schleim enthalten, aus welchem während der Vegetation nach und nach immer mehr feinkörniges Stärkemehl sich bilden soll, welches endlich diese Zellen ganz erfülle und allmählich gegen Ende der Vegetation denselben Process scheinbar rückgängig durchlaufend sich wieder verflüssige, so dass in dem homogenen, gelatinösen Zellinhalte nur noch einzelne Stärkekörnchen deutlich wahrnehmbar bleiben (l. c. p. 30). Nach Kützing [3]) findet sich dagegen der Schleim in den grossen Zellen der Orchisknollen; er soll sich durch Jod und Schwefelsäure blau färben und deshalb aus Cellulose bestehen; auch dieser scheint von ihm als der Zellmembran angehörig betrachtet zu werden. Cramer [4]) hält den Salepschleim, sowie den mancher anderer Wurzeln für Verdickungsschichten der Zellmembran und deshalb nahe verwandt mit der Cellulose, ohne jedoch dafür irgend einen weiteren Versuch anzuführen. Wigand [5]) betrachtet ihn

1) l. c. p. 35.
2) l. c. p. 41—44.
3) l. c. p. 194—195.
4) l. c. p. 8.
5) l. c. p. 149.

als durch Auflösung von aufgequollenen Verdickungsschichten der Zellwand entstanden.

Zur Untersuchung über die Form, in welcher der Schleim im Gewebe der Pflanze auftritt, dienten mir Orchis majalis, Orchis militaris und Gymnadenia conopsea. Bei allen drei Pflanzen zeigte sich Folgendes. Das Parenchym der überwinterten, zur Blüthezeit untersuchten Knolle ist zartwandig und besteht aus zweierlei Zellenarten von verschiedener Grösse. Die kleineren enthalten einen deutlichen Zellenkern, feinkörnige Proteïnsubstanzen und mehr oder weniger spärlich Stärkemehlkörnchen, welche oft zu Klumpen um den Zellenkern zusammenhängen und von denen manche deutlich corrodirte Contouren zeigen, also in allmählicher Auflösung begriffen sind. Der Saft dieser Zellen ist völlig dünnflüssig, wie man sich an der leichten Beweglichkeit der in ihm enthaltenen Formelemente überzeugen kann. Umgeben von diesen Zellen finden sich dann grössere, welche einen stärker lichtbrechenden, dicklichen, aber völlig klaren und farblosen, durch Alkohol sofort undurchsichtig werdenden, aber nicht in concentrische Schichten sich differenzirenden Inhalt führen. Derselbe schliesst durchaus keine Formelemente ein, nur in den gegen die Oberfläche der Knolle zu liegenden Zellen findet man im Inneren des Schleimes ein Bündel nadelförmiger Krystalle von kleesaurem Kalk. In den Wurzeln, dem Stengel, den Blättern und in den Ovarien besteht das Parenchym gleichfalls aus beiden Zellenarten, nur sind in den oberirdischen und in den höchsten Theilen der Pflanze die Schleimzellen seltener. Die letzteren enthalten auch hier in ihrem Schleime eine Druse nadelförmiger Krystalle von kleesaurem Kalk; nur die übrigen Zellen führen neben spärlichem Stärkemehl Chlorophyll.

Die Entstehung des Schleimes verfolgt man am besten in den Spitzen der jungen, im zeitigen Frühjahre sich bildenden Knollen. Ich untersuchte zu dem Ende Orchis majalis. Die jüngsten Zellen der Knollen sind noch von einerlei Grösse und mit trübem Protoplasma und grossem Nucleus erfüllt. Bald sieht man nun in einigen Zellen unmittelbar am Nucleus anliegend eine kleine Druse von nadelförmigen Krystallen anschiessen (Fig. 20), die dann alsbald in einem kleinen, ganz klaren, dem Zellkerne ebenfalls anliegenden Schleimtropfen eingebettet erscheint (Fig. 21). Derselbe ist scharf von dem trüben Protoplasma abgegrenzt, ohne dass sich etwa eine membranartige Umhüllung constatiren liesse; er ist offenbar der Anfang des Zellsaftes in Form einer Vacuolenbildung im Protoplasma. Dieser Tropfen wird nun rasch grösser, ohne sich dabei mit dem

Protoplasma zu vermengen; dieses wird vielmehr, und ebenso der Zellenkern, immer weiter gegen die Zellwand zurückgedrängt, während die Krystalldruse, welche indessen auch an Grösse gewonnen hat, nahebei in der Mitte des kugeligen Schleimtropfens verbleibt. In dem Maasse, als letzterer sich vergrössert, muss natürlich die Menge des Protoplasma schwinden, es ist alsbald auf einen dünnen Wandbeleg der Membran reducirt, und der Zellenkern ist derselben dicht angedrückt (Fig. 22). In der ausgebildeten Knolle ist endlich vom Protoplasma wie vom Zellenkern keine Spur mehr vorhanden, die Zelle enthält lediglich Schleim und in dessen Mitte die Krystalldruse; doch lösen sich, sobald die Zellen ihr Wachsthum abgeschlossen haben, wenigstens im Inneren der Knolle die Krystalle wieder langsam auf (Fig. 23), während in den peripherischen Theilen sich die Krystalldrusen bis zum nächsten Frühjahre erhalten. — In den übrigen Zellen treten in dem trüben Protoplasma sehr kleine Stärkekörner auf, welche an Zahl und Grösse immer mehr zunehmen, während das Protoplasma an Dichte abnimmt, ohne dass jedoch der Zellenkern mit zu Grunde ginge. So erscheinen diese Zellen alsbald reichlich mit Stärkekörnern innerhalb eines wässrigen Zellsaftes erfüllt; erst im nächsten Frühjahre werden während der Entwickelung der oberirdischen Pflanze und der neuen Knolle die Stärkekörner und endlich auch der Schleim allmählich resorbirt. Denselben Entwickelungsgang des Schleimes zeigt auch Orchis militaris.

Der Salepschleim nimmt mit Jod allein nur eine gelbe, auf nachherigen Zusatz von Schwefelsäure aber eine schmutzig violette bis blaue Färbung an. Salpetersäure erzeugt keine Schleimsäure, sondern nur Kleesäure.

Aus Vorstehendem geht denn hervor, dass der Salepschleim, wenngleich er in seinem chemischen Verhalten mit der Cellulose übereinstimmt, dennoch mit der Zellmembran nichts zu thun hat, sondern dem Zelleninhalte angehört.

4. Schleim des Symphytum officinale.

Nach Kützing[1]) soll der Schleim des Symphytumrhizomes durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt werden und daher als Cellulose zu betrachten sein. Nach Cramer[2]) treten die Wurzelschleime und somit auch dieser als Verdickungsschichten der Zellmembran auf und sollen aus diesem Grunde in nächster Verwandtschaft mit der Cellu-

1) l. c. p. 194. 2) l. c. p. 8.

lose stehen. Wigand[1]) hält diesen Schleim ebenfalls für einen Bestandtheil der Zellwand.

Der Symphytumschleim ist in den vegetativen Theilen, und in besonderer Menge im Rhizome der Pflanze enthalten. Zur Zeit der Entwickelung der oberirdischen Sprossen ist das Rinde-, Mark- und Markstrahlengewebe des Rhizoms mit einem dickschleimigen Safte erfüllt, welcher nur spärlich kleine Stärkekörnchen, in grösserer Menge kleinkörnige Proteïnsubstanzen einschliesst. Um hier über die Bestandtheile der Zelle ins Klare zu kommen, sind Durchschnitte durch das frische Rhizom nicht geeignet, weil dieselben nicht angestellt werden können, ohne dass der schleimige Inhalt zum Theil aus der Zelle herausgerissen und auf der Schnittfläche umhergeführt wird, also jede Zelle Veränderungen in ihren Bestandtheilen erleidet. Man lässt das Rhizom am vortheilhaftesten vollständig eintrocknen; dann enthält jede Zelle ihren Inhalt in fester Form und lässt sich mit demselben selbst mittelst der dünnsten Schnitte ohne Verlust und ohne Vermengung mit den Bestandtheilen anderer Zellen freilegen. Da der Symphytumschleim in Schwefelsäure unlöslich ist, so lassen sich dergleichen Schnitte aus dem eingetrockneten Rhizome mit Jod imprägnirt unter Schwefelsäure sogleich auf alle fraglichen Verhältnisse untersuchen (Fig. 24). Die Parenchymzellen bestehen aus dünnen, tiefgebläuten Membranen und bilden an ihren Kanten grosse Intercellulargänge, die auch im frischen Rhizome als luftführend sich erweisen. Der zur Trockne gebrachte Schleim füllt natürlich nur einen Theil der Zellhöhle aus; dabei zeigt sich nun, dass er nicht in organischem Zusammenhange mit der Cellulosehaut steht, sondern entweder frei im Innern liegt, oft sogar aus demselben herausgefallen ist, oder nur einseitig der Zellwand anklebt. In ihm liegen die kleinen körnigen Formelemente des Zelleninhaltes eingebettet; er hat durch Jod und Schwefelsäure nur eine gelbe Farbe angenommen. Werden eingetrocknete Schnitte mit Wasser benetzt, so quillt der Schleim wieder auf und füllt alsbald das Lumen der Zelle wie im frischen Zustande aus. Zusatz von Alkohol zu Querschnitten aus dem frischen Rhizome bringt den Schleim immer als homogene, nicht in schichtenförmigen Bau differenzirte Masse zur Gerinnung. In den oberirdischen vegetativen Theilen zeigt der schleimige Inhalt des Parenchyms das nämliche Verhalten.

In den Zellen der jugendlichen Organe bemerkt man alsbald,

1) l. c. p. 148.

während sie an Grösse zunehmen, den Zellsaft allmählich dickflüssig und an der Präparirnadel fadenziehend werden. Er enthält in diesem Stadium ausser anderen körnigen Formelementen ziemlich reichlich Stärkekörnchen, die in der Folge, in dem Maasse als die Zellen und ihr Schleimgehalt grösser werden, sich verlieren. Auch hier färbt sich nur die dünne Zellmembran mit Jod und Schwefelsäure blau; alles Uebrige wird durch Alkohol und dergleichen zur Gerinnung gebracht und zieht sich dabei von der Zellmembran zurück.

Daraus geht denn unzweifelhaft hervor, dass der Schleim des Symphytum officinale dem Zelleninhalte angehört, und zwar dass er nicht besonderen Zellen als ausschliesslicher Inhalt zukommt, sondern im ganzen Parenchym gleichmässig vertheilt und mit den übrigen Bestandtheilen des Pflanzensaftes in jeder Zelle gemengt vorhanden ist.

5. Gummi der Cycadeen, Marattiaceen und Linden.

Die Stellung dieser Körper unter den Kohlenhydraten ist zwar analytisch noch nicht erwiesen, allein wegen ihrer Aufquellbarkeit in Wasser, ihrer Unlöslichkeit in Alkohol, sowie hauptsächlich wegen ihrer Ueberführbarkeit in Zucker als sicher zu betrachten. Sie sind in Intercellularkanälen enthalten und nach v. Mohl[1]) und Karsten[2]) als Secretionsproducte der die Kanäle umgebenden Zellen zu betrachten. Dagegen glaubt Wigand[3]) an den Gummigängen der Cycadeen sich überzeugt zu haben, dass dieselben durch Auflösung gewisser Zellenpartien entstehen und dass das Gummi theils schon als Inhalt dieser Zellen vorhanden war, theils aus der Verflüssigung der Zellwände hervorgeht.

Die von mir über diesen Punkt angestellten Untersuchungen werden passender bei einer anderen Gelegenheit sich mittheilen lassen; hier will ich nur erwähnen, dass bei der Linde und in dem peripherischen derbwandigen Gewebe der Wedel von Angiopteris evecta Hoffm. (beides Fälle, wo das die Kanäle umgebende Parenchym nicht von dem übrigen verschieden ist) die Entstehung des Gummi nach der Wigand'schen Vorstellung erfolgt, dagegen im inneren Gewebe der Wedel von Angiopteris evecta, wo die Kanäle von kleinen, mit abgerundeten Wänden an die Höhle grenzenden Zellen umgeben sind, ein Auseinanderweichen und eine lebhafte Theilung der Zellen durch

1) Vegetabilische Zelle, p. 37.
2) l. c. p. 319. 3) l. c. p. 150.

radiale Scheidewände die Entstehung des Kanales bedingt, und somit die ältere Ansicht des secretionellen Ursprunges des Gummi aus den auskleidenden Zellchen des Kanales Geltung behält.

6. Kirschgummi.

Die aus den Stämmen von Prunus-, Astragalus- und Acacia-Arten ausschwitzenden Gummata wurden früher für Pflanzensecrete gehalten, ohne dass über ihre Bildung etwas bekannt gewesen wäre. Kützing[1]) erkannte zuerst, dass der Traganth organisirt sei, er hielt ihn aber für einen Pilz, der aus der Pflanze hervorbreche und dessen Zellen 1) aus Bassorin, die äussere, dicke Zellwand in mehreren Schichten bildend, 2) aus Gelin (Cellulose), durch Jod und Schwefelsäure sich blau färbend und die innerste, zarte Zelle darstellend, und 3) aus in der letzteren enthaltenen Amylonkörnchen bestehe. Dagegen hält er das Kirschgummi[2]) für ein Umwandlungsproduct der Cellulose des Pflanzengewebes. v. Mohl[3]) bestätigte im Allgemeinen die von Kützing angegebene Structur des Traganths, wies aber zugleich nach, dass die aufquellende Substanz durch eine Umwandlung der Zellmembranen entsteht, welche die Zellen des Markes und der Markstrahlen von ihrer Peripherie aus nach innen fortschreitend erleiden. Nach Karsten[4]) entsteht das Kirschgummi durch Umwandlung theils der Zellmembranen des Holzes, theils der in den Zellen enthaltenen Stärkekörner. Nach Trécul[5]) ist der Sitz der Gummibildung des Kirschbaumes allein im Holze; es sollen nämlich im Cambium und im Splinte durch Resorption Lücken entstehen und darauf erst in der Umgebung derselben Gummi erscheinen; ebenso soll im älteren Holze in der Umgebung gewisser Holzzellen durch Ausscheidung aus denselben oder durch Umwandlung ihrer Wände und des Inhaltes Gummi erzeugt werden. Eine ausführliche Untersuchung über die Entstehung dieses Gummi hat Wigand[6]) geliefert; er beschreibt eine Reihe von Vorgängen der Gummibildung, die darauf hinauskommen, dass entweder die Gefässwände sich in Gummi verwandeln, oder dass im Holzkörper Holzparenchym in abnormer Weise erzeugt wird und die Zellen dieser

1) l. c. p. 203—204. 2) l. c. p. 204 ff.

3) Untersuchungen über die Entstehungsweise des Traganthgummi. Bot. Zeit. 1857, p. 36 ff.

4) l. c. p. 319.

5) Sur la maladie de la gomme chez le Cerisier etc. Comptes rendus 1860, p. 621.

6) l. c. p. 121 ff.

Gewebsmassen sich ebenfalls in Gummi verwandeln, wobei die primäre Membran zuerst und darauf die Verdickungsschichten aufgelöst werden, oder endlich, dass die Elemente des Bastes eine Umwandlung in Gummi erleiden. Der Pflanze sollen dabei nur feste Membranen, aber keine Säfte entzogen werden.

Bevor wir die Frage nach dem Material, welches zur Bildung des Kirschgummi dient, zu erörtern versuchen, wollen wir die Theile des Pflanzengewebes kennen lernen, an welche die Erzeugung des Gummi geknüpft ist. In dieser Beziehung hat Wigand bereits das Meiste aufgeklärt.

1) Gummibildung unter Desorganisation der secundären Membranen der Elemente des normal gebauten Holzkörpers. Wie Wigand bereits nachgewiesen hat, sind vor allen die Gefässe dieser Erscheinung ausgesetzt. Auf Querschnitten durch das Holz solcher Aeste, an denen Gummifluss zu beobachten ist, findet man gewöhnlich auf eine gewisse Strecke die meisten Gefässe mehr oder weniger mit einer das Licht stärker als die Zellmembran brechenden, meist gelblich oder bräunlich gefärbten Substanz erfüllt, die sich als Gummi erweist. Häufig füllt es das Lumen des Gefässes vollständig aus, oder es bekleidet nur die Wände desselben, und zwar seltener in einer ringsum gleichdicken Schicht (Fig. 25), gewöhnlich einseitig angehäuft (Fig. 26 a), oft fast halbkugelförmig in das Gefäss vorragende Tropfen bildend (Fig. 26 b). Ja selbst wo das Lumen fast ganz von Gummi ausgefüllt ist, zeigt sich häufig, dass das letztere nur auf einer kleinen Stelle der Gefässwand aufsitzt und nur durch allmählichen Zuwachs von dieser Stelle aus zu einem solchen Umfange sich vergrössern konnte. Auch auf Längsschnitten zeigt sich, dass die Gummimasse, so beträchtlich sie auch sein mag, meistens nur einer kleinen Stelle der Gefässwand aufsitzt. Bei genauer Einstellung des Querschnittes sieht man, dass die innere Contour solcher Gummitropfen sich ununterbrochen in die innere Contour der secundären Membran an dem unveränderten Theile des Gefässes fortsetzt, und dass an der gummitragenden Stelle die Gefässwand nur aus der primären Membran besteht, ihre Verdickungsschicht aber von der Gummimasse ersetzt ist (Fig. 26 b). Wo die ganze Innenseite des Gefässes von Gummi ausgekleidet erscheint, ist es oft überaus deutlich, dass die ganze secundäre Membran durch diese Gummischicht vertreten wird, die sich in Folge der Ausdehnung faltenartig von der primären Membran abhebt (Fig. 25). Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass bei dieser Gummibildung in der That die

secundäre Membran des Gefässes eine Umwandlung in Gummi erleidet, und dass das hier auftretende Gummi wenigstens zum Theil sein Material diesem Vorgange verdankt.

Ferner können aber auch die Holzfasern und die Holzparenchymzellen im normal gebauten Holzkörper diese Erscheinung zeigen. Dieser Fall ist zwar bei weitem nicht so gewöhnlich als die Gummose der Gefässe, indess trifft man da, wo die letzteren fast sämmtlich von dieser Krankheit befallen sind, auch gewöhnlich Zellen des Holzkörpers in demselben Zustande. Vornehmlich aber sind in abgestorbenen Aststumpfen nicht nur die Gefässe, sondern ganz gewöhnlich auch ein grosser Theil der Holzzellen der Gummose ausgesetzt. Bei diesen ist dann ebenfalls die secundäre Membran entweder ringsum zu einer dicken, das Licht stärker brechenden, gelbbraun gefärbten Gummischicht aufgequollen (Fig. 26 c), oder sie hat nur einseitig eine solche Veränderung erfahren, und die Gummimasse sitzt nur einem Theile der Zellwand auf. Wenn bei diesen Organen die Gummibildung halbwegs reichlich ausfällt, so erscheint dann wegen der Enge derselben, und deshalb vor allen an den echten Holzfasern, das Lumen alsbald ganz von dem gelben Gummi ausgefüllt.

In allen diesen Fällen ist das Gummi in kaltem wie kochendem Wasser unlöslich und sogar unaufquellbar. Werden solche Schnitte mit Kali gekocht, so zeigen darauf die secundären Membranen gesunder Zellen die Cellulosereaction mit Jod und Schwefelsäure, während alle in Gummi umgewandelten Theile gelb gefärbt sind.

Eine weitergehende Gummificirung des Zellgewebes oder gar eine Entstehung des Gummiflusses auf diesem Wege habe ich nicht beobachtet, vielmehr finde ich die secundären Membranen von Gefässen und Holzzellen auch in mehrjährigen Jahresringen noch auf dem nämlichen Stadium verharren.

2) Gummibildung unter Resorption eines in abnormer Menge erzeugten Holzparenchyms. Die hierher gehörigen Erscheinungen sind bereits von Wigand eingehend dargestellt worden. Das gummierzeugende Holzparenchym wird abgelagert entweder in Strängen von rundlichem Querschnitt, die beiderseits meist von Markstrahlen, nach vorn und hinten von normal zusammengesetzten Geweben des Holzkörpers begrenzt sind und gewöhnlich in einer Jahresschicht zu mehreren tangential nebeneinander liegen. Häufig sind die centralen Zellen solcher Gruppen beträchtlich grösser als die umgebenden, welche in Folge dessen mehr oder weniger flach ge-

drückt und peripherisch um das Centrum gelagert sind und so der ganzen Gruppe eine oft völlig kreisrunde Gestalt verleihen. In Folge vermehrter Zellenbildung der Cambiumschicht an dieser Stelle und stärkeren Wachsthumes der centralen Zellen ragt eine solche eben entstandene Gruppe mit ihrer Cambiumschicht gewöhnlich bogenförmig in den Bast vor. Unmittelbar nach der Bildung solcher Holzparenchymgruppen pflegt auch die Gummibildung im Centrum derselben unter Desorganisation der dort stehenden Zellen einzutreten und während der Vegetationsperiode mehr oder weniger weit ringsum gegen die Peripherie fortzuschreiten. Die Gummibildung geht hier, wie es Wigand bereits abgebildet hat, von der Intercellularsubstanz und der primären Membran aus, so dass die Zellen zunächst in Gummi eingebettet erscheinen; dann wird die secundäre Membran nach und nach von aussen nach innen aufgelöst, und so bilden sich mit Gummi erfüllte Intercellularcanäle. Zwischen der homogenen Gummimasse und den umgebenden unversehrten Parenchymzellen existirt aber keine scharfe Grenze, sondern es findet ein Uebergang durch theilweise umgewandelte Zellen statt. Während der Bildung dieser Gewebsgruppen wird in den Zellen derselben, wie in den Parenchymzellen des Holzes überhaupt, Stärkemehl abgelagert. Auch dieses wird bei der Gummibildung mit den dasselbe enthaltenden Zellen resorbirt. — Nicht immer stellt das gummierzeugende Holzparenchym solche kreisrunde, zwischen je zwei Markstrahlen eingeschlossene Stränge dar, sondern es ist häufig auch über grössere Strecken einer Jahreslage ausgebreitet. Dabei kann die Gummibildung wieder im Centrum der zwischen den Markstrahlen liegenden Abtheilungen anheben und dann entweder ohne zur Vereinigung zu kommen an diesen Stellen baldigst wieder sistirt werden, oder aber durch weiteres Fortschreiten ein Zusammenfliessen zu Stande kommen. Es kann aber auch die Gummosis auf einer längeren, der Jahresschicht parallelen Strecke zugleich anheben. In allen diesen Fällen werden die parenchymatischen Gewebsmassen von normal gebautem Holzgewebe umschlossen, und das in denselben gebildete Gummi, dessen Erzeugung in den meisten Fällen gar nicht über das gesammte Holzparenchym sich erstreckt, bleibt für immer im Holzkörper eingeschlossen. — In manchen Fällen aber lagert die Cambiumschicht bis zum Schlusse der Vegetationsperiode nur dergleichen Holzparenchym an den Holzkörper ab; in diesem Falle schreitet die Gummibildung bis in die Cambiumschicht fort, und es schliesst sich dann eine Gummificirung des Bastgewebes an, so dass auf diese Weise eine Communication nach Aussen hergestellt

wird, und wenigstens die Möglichkeit gegeben ist, dass auch Gummi, welches im Holzkörper seinen Ursprung hat, aus der Oberfläche des Stammes ausgeschieden werden kann.

3) Gummibildung unter Desorganisation des Bastgewebes. Der allergrösste Theil des aus den Stämmen hervorquellenden Gummi stammt aus dem Baste. Es werden bei dieser Gummibildung sowohl die dünnwandigen als die dickwandigen Zellen dieses Gewebes aufgelöst, indem die Membranen in der allgemeinen Gummimasse verschwimmen, so dass offenbar auch hier das Zellgewebe wenigstens einem grossen Theile des Gummi seinen Ursprung giebt. Die gummibildenden Stellen besitzen gewöhnlich eine bedeutende Ausdehnung innerhalb des Bastes; nur das Korkgewebe bleibt von der Gummosis verschont.

4) Umwandlung der Stärkekörner in Gummi. Die Stärkekörner, welche in den in Gummi sich umwandelnden Holzparenchym- und Bastzellen enthalten sind, werden bei der Desorganisation der Zellen ebenfalls in die allgemeine Gummimasse aufgelöst, also jedenfalls mit in Gummi übergeführt. — Ausserdem kann sich aber auch in unveränderten Zellen Stärkemehl in Gummi umwandeln, und zwar unter Beibehaltung oder nur geringer Veränderung seiner Form. Gewöhnlich findet dies in den die centrale Gummimasse einschliessenden unveränderten Zellen der Holzparenchymstränge und in den angrenzenden Markstrahlzellen statt. Bisweilen ist alles Stärkemehl dieses Gewebes in dieser Weise verändert; meist enthalten nur die innersten in Gummi verwandeltes Stärkemehl, und je weiter nach aussen die Zellen liegen, desto mehr findet man neben Gummi noch unveränderte oder halbveränderte Stärkekörnchen, während in den äussersten Zellen noch das ursprüngliche Stärkemehl enthalten ist. Auch in Gewebstheilen, in deren unmittelbarer Nähe keine Gummificirung des Gewebes stattfindet, kommen Gummikörnchen an der Stelle von Stärkekörnchen vor: so können Markstrahlen streckenweise an sonst ganz gesunden Stellen des Holzgewebes fast lediglich mit Gummi erfüllt sein. In allen diesen Fällen, wo das Stärkemehl allein, ohne eine gleichzeitige Veränderung der Zellwände, eine Gummientartung erleidet, persistiren die Umwandlungsproducte in der Zelle; sie erscheinen entweder als eine gelbe, mehr oder weniger formlose Masse oder als ebenso gefärbte, die Gestalt der ursprünglichen Stärkekörnchen noch unverändert bewahrende Kügelchen, färben sich durch Jod nicht violett und erfahren weder in kaltem noch in kochendem Wasser eine merkliche Veränderung. In Zellen, welche neben den Umwandlungs-

producten noch unverändertes Stärkemehl enthalten, kann man häufig Uebergangsstadien beobachten sowohl zu den unter allmählichem Formverlust des Stärkemehls entstandenen unregelmässigen Klümpchen, als auch zu den unter Beibehaltung der ursprünglichen Form erzeugten Gummikügelchen, indem die Intensität der Violettfärbung durch Jod ab- und die dem Gummi eigenthümliche gelbe Farbe der Masse zunimmt.

Ueber die localen Verhältnisse dieser Erscheinungen gilt Folgendes. Gummibildung tritt in den Aesten an einzelnen Stellen von grösserer oder geringerer Ausdehnung ein, die nicht mit einander zusammenzuhängen brauchen und durch ganz gesunde Strecken von einander getrennt sein können. An den mit Gummibildung behafteten Stellen der Zweige ist dieselbe gewöhnlich nicht gleichmässig über den ganzen Querschnitt verbreitet, sondern sie erscheint in der Regel einseitig, so dass der übrige Theil des Gewebes im normalen Zustande sich befindet, oder hat wenigstens an einem Punkte des Stammumfanges ihre grösste Intensität. Die vier beschriebenen Arten der Gummierzeugung können jede selbstständig für sich auftreten, doch geht der Ablagerung gummierzeugenden Holzparenchyms eine Gummose der Gefässwände innerhalb eines grösseren oder geringeren Umfanges um die Stelle der Ablagerung jenes Gewebes voraus oder tritt wenigstens gleichzeitig ein. Gummibildung im Baste bei gesundem Holzkörper habe ich nur in wenigen Fällen beobachtet, während der umgekehrte Fall nicht selten ist. — Gummosis der Gefässwände kommt nur sehr selten und spärlich schon in der ersten Vegetationsperiode eines Sprosses vor, in der Regel tritt dies erst in mehrjährigen Zweigen ein. Dagegen habe ich eine Entwickelung gummierzeugenden Holzparenchyms nur in mehrjährigen Zweigen beobachtet, ingleichen eine Gummosis des Bast- und Rindegewebes und somit einen wirklichen Gummifluss niemals in den ersten Vegetationsperioden angetroffen.

Die Zeit, in welcher die Gummibildung stattfindet, fällt in die Monate der Vegetationsperiode. Während der Vegetationsruhe ist das Gummi im Innern wie an der Oberfläche der Pflanze eingetrocknet und erfährt keine Veränderungen. Während der Vegetationsperiode quellen theils an neuen Stellen zähflüssige Gummimassen aus der Rinde hervor, theils werden die alten Gummiexkrete von innen her durch den Saftzufluss wieder erweicht und durch fernere Bildung vergrössert.

Selten befinden sich die Theile der Zweige, an denen Gum-

mibildung auftritt, scheinbar in sonst ganz normalen Verhältnissen. In den meisten Fällen geschieht dies unverkennbar unter Umständen, welche alle darin übereinkommen, dass an den betreffenden Stellen ein geringerer Verbrauch und somit ein Disponibelwerden von Nahrungssäften obwaltet. Man trifft zunächst in solchen Aststumpfen, welche durch Abbrechen gesunder Aeste entstanden sind, und in den im Holzkörper des Muttersprosses eingeschlossenen Basaltheilen der Holzkörper abgefallener Blätter und abgestorbener Achselsprossen die Gefässe und Holzzellen in ganz ungewöhnlicher Menge, oft sämmtlich von der Gummosis ergriffen. Ferner pflegt überhaupt in solchen Aesten, deren Verästelungen zum grossen Theile ganz abgestorben sind oder nur ein kümmerliches Dasein fristen, Gummi in besonders reichlicher Menge erzeugt zu werden. Ebenso tritt ganz gewöhnlich in Ueberwallungsrändern an Wundstellen des Holzkörpers reichliche Gummibildung ein. Ferner kommt am Kirschbaume sehr häufig die schon von Wigand angegebene Erscheinung vor, dass die Cambiumschicht streckenweise abstirbt, und in Folge dessen ein Dickewachsthum an diesen Stellen während mehrerer Vegetationsperioden unterbleibt, bis später einmal die kranke Stelle durch von den Grenzen derselben her vordringende Ueberwallungen überwuchert und mit einer neuen Cambiumschicht versehen ist. Und diese des Dickewachsthums unfähigen Stellen sind es denn ganz vorzüglich, welche der Gummikrankheit ausgesetzt sind. Endlich wird gewöhnlich in den an Gummose leidenden Zweigen auffallend wenig Stärkemehl in der Vegetationsruhe vorgefunden. Wenn nun auch ganz dahingestellt bleiben mag, wo wir bei den hier aufgezählten Vorgängen Ursache und Folge zu suchen haben, so bleibt doch die Thatsache ausser allem Zweifel, dass in allen diesen Fällen ein geringerer Theil des zugeführten Nahrungssaftes für Neubildung von Gewebstheilen verbraucht wird, als in normalen Zuständen, und daher der übrige für eine andere Bildung disponibel wird. — Eine andere, auch sehr gewöhnliche Veranlassung des Gummiflusses sind äusserliche Verletzungen. Dass an den Grenzen von Wundstellen an Stämmen eine Aufstauung von Säften und somit gleichfalls eine Bereicherung der Gewebe an Nahrungsmaterial stattfindet, ist eine in der Lehre von der Saftleitung unbestrittene Thatsache.

Diese Betrachtungen führen uns zur Erörterung der Frage nach dem Material, welches zur Gummibildung dient. Dass aus Wigand's und den vorstehenden Untersuchungen hervorgeht, dass die Cellulose und das Stärkemehl der gummierzeugenden Gewebe in allen Fällen einen bestimmten, in manchen Fällen vielleicht auch einen sehr be-

trächtlichen Theil des Kirschgummi liefern müsse, kann keinem Zweifel unterliegen. Wenn aber Wigand behauptet, dass der Pflanze beim Gummiflusse keine Säfte, sondern nur feste Zellenwände entzogen würden (l. c. p. 140), so ist er dafür nicht nur den Beweis schuldig geblieben, sondern er muss sich, um diese Theorie aufrecht zu erhalten, sogar den unverkennbarsten Thatsachen verschliessen. Zunächst ist es, die Zellenwände als einzige Quelle des Gummi zugegeben, undenkbar, wie feste Zellmembranen aus dem Innern des Stammes als ein halbflüssiges Gummi ohne Verbrauch von Säften an der Oberfläche des Stammes hervorquellen können. Dieser Schwierigkeit sucht Wigand nun allerdings dadurch zu entgehen, dass er ein Hervorquellen des Gummi aus der Pflanze überhaupt gar nicht annimmt, vielmehr alles Gummi an dem nämlichen Orte, wo es sich findet, durch Umwandlung von Gewebe entstanden sein lässt, und dabei die oft sehr ansehnlichen, auf der Oberfläche der Stämme angehäuften Gummimassen dadurch erklärt, dass das dieselben umgebende Gewebe bereits abgestorben und abgestossen sei und dadurch das vorher eingeschlossene Gummi frei gemacht habe (l. c. p. 133. 134). Indessen dürften wir wohl hier an dem Punkte angelangt sein, wo dem Publikum dieses Organes gegenüber irgend ein Wort der Entgegnung nicht mehr angebracht erscheint. — Wenn nun auch eine theilweise directe Neubildung des Gummi, also auf dem Wege einer wirklichen Secretion, aus der Nothwendigkeit eines Säfteverbrauches bei der Gummibildung noch nicht gefolgert werden kann, so sprechen doch eine Anzahl anderer Umstände mit grosser Wahrscheinlichkeit für diese Auffassungsweise. Wigand giebt selbst zu (p. 133), dass das Gummi im Allgemeinen denselben Raum einnehme, wie das Gewebe, aus welchem es entstanden sei, da die Intercellularkanäle im Innern der Holzparenchymdrusen gewöhnlich genau von dem durch Umwandlung der ursprünglich daselbst vorhandenen Zellen entstandenen Gummi ausgefüllt würden. Zwar liesse sich schon hier, wenigstens für die zum grössten Theile ganz dünnwandigen Zellen des Bastes, eine Entstehung des Gummi lediglich aus den Zellmembranen und dem hier sehr spärlich vorhandenen Stärkemehl, anzweifeln, zumal das im Innern eingeschlossene Gummi in wenig aufgequollenem, mehr knorpelig festem Zustande sich befindet, also an Dichtigkeit dem Zellstoffe nicht beträchtlich nachstehen kann; aber selbst jene Auffassung zugegeben, würden doch alle die Fälle, wo Gummi aus der Oberfläche der Stämme hervortritt, durchaus nicht dazu angethan sein, für die Wigand'sche Theorie ins Feld geführt werden zu können. Denn wenn auch

die austretenden Gummimassen in einem Zustande der Aufquellung sich befinden, so ist dieselbe doch keineswegs sehr beträchtlich, da das Gummi selbst nach völliger Eintrocknung einen nur unbedeutend geringeren Raum einnimmt. als unmittelbar nach seinem Austreten aus dem Stamme. Man findet nun, selbst bei sehr beträchtlichen Gummiausscheidungen, keinen und am allerwenigsten einen den letzteren an Grösse nur entfernt gleichkommenden Hohlraum im Innern des die Gummimasse tragenden Aststückes, vielmehr sind die Stellen, an denen die Desorganisation der Gewebe eingetreten und von wo alles auf der Oberfläche sitzende Gummi ausgegangen ist, gleichfalls ganz mit Gummi erfüllt; und wenn man dann sogar oft sehr beträchtlichen aussen angehäuften Gummimassen ein gummierzeugendes Gewebe von nur geringer Ausdehnung zu Grunde liegen sieht, so erscheint die Wigand'sche Anschauungsweise im höchsten Grade unwahrscheinlich. Ein wirklicher Beweis, dass die Menge des entstehenden Gummi grösser ist als die Menge der Cellulose und des Stärkemehls des Gewebes, aus dessen Zerstörung dasselbe hervorgeht, würde nun zwar nur geliefert werden können, wenn es möglich wäre, die Mengen beider Stoffe der Messung zugänglich zu machen. Indessen hat man an der Gummibildung in den Gefässen einen Fall, wo zwar keine Messung, aber wenigstens eine schätzungsweise Vergleichung zwischen dem producirten Gummi und dem Theile der Gefässwand, die dabei verloren geht, möglich ist. Hat man sich nun überzeugt, dass das in den Gefässen enthaltene Gummi eine fast knorpelfeste Consistenz besitzt und daher sich nicht sehr von der Dichtigkeit des Membranstoffes entfernen kann, und vergleicht man dabei die ausserordentliche Dünne der secundären Gefässmembran mit den Gummimassen, die gewöhnlich auf einer sehr kleinen Fläche der Wand aufsitzend oft bis zur Ausfüllung des weiten Gefässlumens sich vergrössern, so gehört in der That eine ungewöhnliche Eingenommenheit für vorgefasste Meinungen dazu, um diesen Thatsachen gegenüber seine Theorie mit solcher Bestimmtheit und Zweifellosigkeit aufzustellen, wie es Wigand in diesem Falle gethan. Alle Thatsachen sprechen offenbar mit an Gewissheit grenzender Wahrscheinlichkeit dafür, dass wir mit Karsten nicht nur eine Umwandlung der Zellmembran in Gummi, sondern eine gleichzeitige Assimilation neuen Gummi's aus dem Nahrungssafte anzunehmen haben.

Ebenso ist auch den Schlussfolgerungen, welche v. Mohl aus seiner Untersuchung über die Entstehung des Traganthgummi zieht, dasselbe sei das Umwandlungsproduct von Zellmembranen, einzuhalten, dass bis jetzt noch nicht erwiesen ist, ob die Zellwand in der

That die einzige Quelle dieses Gummi ist. Wenn auch ein entscheidendes Urtheil hierüber nur durch eine Untersuchung der Pflanze an Ort und Stelle gewonnen werden kann, so lässt doch die Nothwendigkeit, dass bei der Auflösung des Zellgewebes in eine aus der Pflanze hervordringende weiche Substanz ein nicht unbeträchtlicher Verbrauch von Säften stattfinden muss, die Möglichkeit nicht verkennen, dass neben der Umwandlung der Zellmembran in Gummi noch eine Assimilation neuen Gummi's stattfindet, dass also nicht jegliche Secretion ausgeschlossen ist.

Sehr gewöhnlich begegnet man auch an Elaeagnus canadensis der Erscheinung, dass Gummi aus den Stämmen, besonders an Wundstellen, ausgeschieden wird. Sie stimmt hier ganz mit der am Kirschbaume überein. Das Gummi quillt hier, wie dort, oft in sehr ansehnlichen Massen, als eine durchsichtige, mehr oder weniger braun gefärbte, zähflüssige Substanz am Stamme hervor. Untersucht man den letzteren an diesen Stellen, so zeigt sich, dass daselbst an den jungen Theilen des Holzkörpers genau wie bei Prunus avium eine Umwandlung von Gefäss- und Holzzellenwänden in ein gelbbraunes Gummi in stärkerem oder geringerem Grade stattgefunden hat, dass ferner ebendaselbst ein in Gummi sich desorganisirendes, in abnormer Menge abgelagertes Holzparenchym aufgetreten ist, welches in Beziehung auf seinen Bau, seine Anordnung, seine Bildung und seine Umwandlung in Gummi mit dem von Prunus übereinstimmt, und dass endlich auch die Elementarorgane des Bastes der Umwandlung in Gummi unterliegen. Namentlich hat man an Aststumpfen Gelegenheit, Gummibildung zu beobachten; hier wird man, gegen die Schnittfläche hin, in den jüngsten Zonen des Holzkörpers die erwähnten Erscheinungen nur selten vergebens suchen, gewiss auch hier ein bedeutsames Moment für die Annahme, dass die Gummibildung eine nicht bloss die Zellenwände umfassende, sondern tiefer in das Leben der Pflanze eingreifende, mit den Vorgängen der Säftebewegung in causalem und wahrscheinlich auch materiellem Zusammenhange stehende Erscheinung ist.

Durch diese Ergebnisse werden wir zu einer Prüfung der in die Theorie der Ernährung tief eingreifenden Lehre Wigand's von der Dextrin- und Arabinmetamorphose veranlasst. Wigand nimmt zwei Reihen von Kohlenhydraten an, welche sowohl in chemischer als physiologischer Hinsicht von einander verschieden sein sollen. Die eine Reihe besteht aus den Gliedern: Dextrin, Bassorin des Dextrins und activer Zellstoff (und Amylum); die andere aus passivem Zellstoff,

Bassorin des Arabins und Arabin. Dextrin und Arabin seien durch Löslichkeit in Wasser, die beiden Bassorine durch blosse Aufquellbarkeit und endlich die beiden Zellstoffe durch absolute Unlöslichkeit und durch ihr Auftreten als organisirte Membran charakterisirt. Wie nun Dextrin ausser seiner Fähigkeit, nach rechts zu polarisiren, sich durch völlige Neutralität vom Arabin unterscheide, welches als Säure, die an Kalk gebunden das arabische Gummi bilde, zu betrachten sei, so müssten auch das Bassorin des Dextrins sowie der active Zellstoff als neutrale Verbindungen, dagegen das Bassorin des Arabins und der passive Zellstoff als schwache Säuren mit geringerer Sättigungscapacität als das Arabin angesehen werden. Auch in physiologischer Beziehung seien beide Reihen von einander verschieden. In der Dextrinreihe existire eine vorschreitende und eine rückschreitende Metamorphose, es könne nämlich aus Dextrin Bassorin, und aus diesem Cellulose oder Amylum sich bilden und ebenso die umgekehrte Verwandlung stattfinden; die Dextrinmetamorphose sei activ, d. h. sie diene nur direct dem Leben der Pflanze und gehe stets innerhalb der Zelle vor sich. In der Arabinreihe existire dagegen nur eine rückschreitende Metamorphose, eine Umwandlung von Cellulose oder Amylum in Bassorin und endlich in Arabin; die Arabinmetamorphose sei passiv, d. h. sie diene nicht mehr dem Leben der Pflanze, gehe nur in abgestorbenen Zellen und zwar von aussen her vor sich.

Es erhellt, dass die chemischen Grundlagen, auf denen diese Lehre beruht, zum grössten Theile rein hypothetisch sind, denn es ist meines Wissens von den beiden Wigand'schen Bassorinen und Zellstoffen mit neutralem und saurem Charakter der Chemie bis jetzt noch nichts bekannt. Ferner lässt sich, was sowohl früher schon anerkannt war, als auch neuerlich von mir[1]) noch bestimmter nachgewiesen worden ist, die von Wigand angenommene Charakteristik von Gummi, Bassorin und Cellulose nicht beibehalten. Dass zunächst die anatomische Form des Auftretens im Pflanzenkörper, also z. B. als organisirte Membran, nicht zu einer chemischen Diagnose des Stoffes erhoben werden kann, sollte eigentlich selbstverständlich sein. Eben so wenig aber könnte gerade bei diesen Körpern das Verhalten zu Wasser geeignet sein, als chemische Diagnose zu gelten, weil wir hier, wie fast nirgends, bei offenbar chemisch identischen Stoffen nicht nur natürliche Zustände kennen, welche einen ununterbrochenen

1) Journ. f. prakt. Chemie XCV, p. 479 ff.

Uebergang von dem wirklich löslichen Verhalten bis zur unaufquellbaren, in Wasser nur erweichenden Membran darstellen [1]), sondern auch künstlich, durch blosses Erwärmen der Flüssigkeit die Verwandtschaft des Körpers zu Wasser steigern können [2]). Endlich sind die Verbindungen der in Rede stehenden Körper mit unorganischen Basen noch viel zu wenig bekannt, als dass wir einigen derselben einen sauren Charakter, geschweige denn dem einen eine grössere, dem andern eine geringere Sättigungscapacität zuschreiben könnten. Dass, wovon Wigand auszugehen scheint, die unorganischen Bestandtheile, welche in der Pflanze jene Körper begleiten, mit den letzteren chemische Verbindungen bilden, wird dadurch widerlegt, dass, wie ich (l. c.) an einigen sowohl den Zelleninhalt als die Zellenmembran bildenden gezeigt habe, denselben der wesentliche Charakter einer chemischen Verbindung, nämlich die Vereinigung nach festen Verhältnissen abgeht, denn man kann ihre Befreiung von den unorganischen Beimengungen beliebig weit, ja bis zur völligen Reinheit

---

1) Als Repräsentanten der verschiedenen Verwandtschaftsstufen zu Wasser unter chemisch identischen Kohlenhydraten mögen folgende zur Cellulose gehörige Körper angeführt werden. 1) Der Schleim der Orchisknollen, als ein gleich dem arabischen Gummi in Wasser leicht und vollständig sich lösender, in seiner Lösung filtrirbarer Zustand. 2) Der Schleim der Quittensamen, als ein in Wasser zwar auch zu einem Schleime vertheilbarer, aber darin nur in starker Aufquellung enthaltener Körper, welcher aus demselben wieder abgeschieden werden kann durch Filtration oder durch Zusatz von Säuren oder Alkalien, in denen er zu häutigen, gallertartigen Massen zusammenschnurrt. 3) Die Verdickungsschichten der Epidermiszellen der Früchte von Ocymum basilicum, Salvia-Arten etc. als ein in Wasser sich nicht vertheilender, sondern nur gallertartig, ohne Formverlust aufschwellender Zustand. Endlich 4) die grösste Mehrzahl der Cellulosehäute, als eine durch Wassereinlagerung nicht aufquellende, sondern nur in stärkerem oder schwächerem Grade erweichende Form. Unter den zum Gummi gehörigen Körpern kann das arabische Gummi als völlig löslicher, der Leinsamenschleim als dickschleimiger, fadenziehender, schwerfiltrirbarer, der Flohsamenschleim als ein in Wasser nicht vertheilter, nur zäh gallertartig aufgeschwollener Zustand gelten. — Im Quittenschleim haben wir sogar einen Körper, der mehrere dieser Zustände gleichzeitig aufweist. Ein Theil desselben ist immer vollkommen löslich in Wasser und verhält sich ganz wie der Orchisschleim, der grössere Theil dagegen ist von der eben beschriebenen Eigenschaft; und von diesem wiederum ein Theil zeigt stärkere Resistenz gegen Wasser, er behält in letzterem tagelang die kappenförmige Gestalt der Verdickungsschichten. Alle drei Theile gehen ohne Grenze in einander über, alle verhalten sich chemisch einander gleich.

2) So werden der Leinsamenschleim und der gegen Wasser noch viel resistentere Flohsamenschleim nach dem Aufkochen zu einem dünnflüssigen, tropfenbildenden, durch Leinwand leicht filtrirbaren Liquidum, welches nach dem Erkalten nur wieder wenig dicklicher wird.

fortsetzen, ohne dass dabei in dem Verhalten des organischen Körpers auch nur die geringste Veränderung eintritt.

Wir können somit gegenwärtig, wie es scheint, nur die Reaction mit Jod und die Umwandlungsproducte mit verdünnter Salpetersäure zur Unterscheidung von Cellulose und Gummi anwenden, und eben so wenig wie wir unter den zur Cellulose gehörigen Körpern auf ein verschiedenes Verhalten zu Wasser eine weitere chemische Eintheilung gründen, können wir dies consequenter Weise bei den zum Gummi gehörigen Körpern versuchen und müssen also die Annahme zweier besonderer chemischer Körper, Gummi und Bassorin, aufgeben.

Dass nun aber der Wigand'schen Lehre auch von physiologischer Seite Thatsachen, und zwar hier von absoluter Gewissheit, entgegenstehen, leuchtet nach dem Vorhergehenden ein. Ausser der sehr wahrscheinlichen Bildung des Kirschgummi und anderer in ähnlicher Weise entstehender Gummata zum Theil unmittelbar aus den Säften der Pflanze sprechen gegen die Wigand'sche Lehre auch die unumstösslich gewissen Thatsachen, dass die aus Gummi bestehenden Zellmembranen bei Linum, Plantago und den Malvaceen nicht der Desorganisation einer Cellulosemembran, sondern einer unmittelbaren Bildung aus dem Inhalte der lebendigen Zelle ihre Entstehung verdanken, und dass das den Zellinhalt im Parenchym des Symphytumrhizomes darstellende Gummi gleichfalls nicht durch eine Desorganisation einer Zellmembran, sondern im Zellinhalte selbst gebildet worden ist und auch nicht als ein dem Leben der Pflanze nicht mehr dienlicher Stoff betrachtet werden kann, vielmehr im Verlaufe der Vegetation allmählich aus dem Rhizome, in welchem es im Frühjahre in reichlicher Menge angetroffen wird, verschwindet, also offenbar zur Neubildung von Pflanzentheilen verwendet wird.

Hiermit wird sich auch der physiologische Lehrsatz erledigen, zu welchem die Wigand'sche Ansicht über die Bedeutung des Gummi in der Pflanze neuerdings von Sachs[1]) erhoben worden ist.

Um nun das, was sich aus Vorstehendem für die Physiologie überhaupt ergiebt, zusammenzufassen, beziehe ich mich zugleich auf das bei Gelegenheit der chemischen Untersuchungen dieses Gegenstandes an dem mehrfach citirten Orte von mir Mitgetheilte.

Die von der organischen Chemie bisher als „Pflanzenschleime"

1) Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865, p. 368.

aufgeführten Körper sind nicht als eine besondere chemische Verbindung zu betrachten, sondern zum Theil der Cellulose, zum Theil dem Gummi anzureihen.

Hiernach sind sowohl unter Cellulose wie unter Gummi Reihen von Körpern zusammengefasst, welche zwar in den charakteristischen Eigenschaften beider Gruppen übereinkommen, doch durch verschiedenes Verhalten zu Quellungsmitteln und durch verschiedene Reactionserscheinungen noch unter sich verschieden sind.

Die mehrfach vertretene Ansicht, dass die zu ein und derselben Reihe gehörigen Körper in reinem Zustande nicht von einander verschieden seien und erst durch Einlagerung fremder, unorganischer Stoffe ihre abweichenden Eigenschaften erhalten, steht in Widerspruch mit der Thatsache, dass man die Eigenthümlichkeiten dieser Körper in nichts zu verändern im Stande ist, soweit man ihre Befreiung von unorganischen Beimengungen auch treiben mag.

Jene abweichenden Eigenschaften sind sonach als den organischen Körpern selbst eigenthümlich zu betrachten, und wir müssen daher die Cellulose wie das Gummi als in zahlreichen Modificationen vorhanden betrachten, so dass die Familie der Kohlenhydrate einen ähnlichen Reichthum an Isomerien aufzuweisen scheint wie die gleichfalls vegetabilische Familie der Kohlenwasserstoffe.

Die Cellulosen und Gummata spielen in den Geweben des vegetabilischen Organismus die verschiedensten Rollen. In erster Linie sind dieselben hier zu unterscheiden in solche, welche normale Bestandtheile des Pflanzengewebes darstellen, und in solche, welche als Desorganisationsproducte gewisser Gewebstheile aus dem organischen Zusammenhange der Pflanze ausgeschieden sind. Zu der letztgenannten Reihe dürften wohl vorwiegend Körper aus der Klasse des Gummi gehören. Indessen sind die Gummata keineswegs sämmtlich als Desorganisationsproducte anzusehen, sondern sie können wie die Cellulosen normale Bestandtheile der lebendigen Zelle ausmachen; und zwar kann sowohl Cellulose als Gummi bald als Bestandtheil der Zellwand, bald als Zelleninhalt auftreten. Als Inhalt von Intercellularkanälen treten von den hierhergehörigen Stoffen nur Körper der Gummireihe auf; und zwar sind sie in diesem Falle bald als Secretionsproducte der den Kanal umkleidenden Zellen, bald als Zelleninhalt eines ursprünglich an der Stelle des Intercellularkanales vorhandenen Zellgewebes anzusehen. Es würde sich hiernach folgendes Schema für die Vertheilung dieser Stoffe im Pflanzenkörper aufstellen lassen:

	Zellhaut.	Zelleninhalt.	Inhalt von Intercellularkanälen.
Cellulosen.	Die grosse Mehrzahl der Pflanzenzellen.	Die Schleimzellen in den Knollen der Orchisarten.	—
Gummata.	Die oberflächlichen Samenzellen von Linum und Plantago, die Schleimzellen der vegetativen Organe der Malvaceen.	Die Parenchymzellen des Rhizomes von Symphytum und wohl noch vieler anderer Pflanzen und Pflanzentheile.	Cycadeae, Marattiaceae, Tilia.

Da die meisten Zellen mit aufquellenden Verdickungsschichten vor Ablagerung derselben dicht mit Stärkekörnern erfüllt sind, und letztere in dem Maasse verschwinden als erstere angelegt werden, so ist dieses Stärkemehl wohl als das Material für den Aufbau jener Zellhauttheile zu betrachten, welches in der Zelle denselben Raum wie letztere, nur in einer anderen Form ausfüllt. In den Schleimzellen des Quittensamens und der Malven, in denen während der Bildung der aufquellenden Verdickungsschichten keine oder nur sehr wenig Stärkekörner vorhanden sind, würde der Verbrauch des Materials zur unmittelbaren Bildung der Verdickungsschichten ebenso oder nahezu ebenso rasch wie die Zufuhr desselben zur Zelle erfolgen.

Die als normale Bestandtheile des vegetabilischen Gewebes auftretenden Cellulose- und Gummistoffe erscheinen schon bei ihrer Entstehung in den chemischen und physikalischen Eigenschaften des fertigen Zustandes. Insbesondere sind also die Zellmembranen, welche aus einer besonderen Cellulosemodification oder aus einem Gummi gebildet sind, in ihren jüngsten Stadien nicht als eine gewöhnliche Cellulosemembran vorhanden, welche etwa erst im Laufe ihrer weiteren Entwickelung die abweichenden chemischen und physikalischen Eigenschaften annähme. Nur die spiralig zerreissende innerste Verdickungsschicht der Schleimzellen von Salvia kann als Beispiel für die Umwandlung einer in Wasser aufquellbaren in eine nicht aufquellbare Cellulosemodification angesehen werden. Ob überhaupt die Zellwand im normalen Entwickelungsverlaufe der Zelle eine chemische Veränderung erfährt, ist zur Zeit noch in keinem Falle mit Sicherheit erwiesen; denn die Desorganisationserscheinungen der Zellmembran, welche immer mit dem Tode der Zelle endigen, müssen hier ausgeschlossen bleiben, und von den organischen inkrustirenden Substanzen ist es noch ungewiss, ob überhaupt und inwieweit ihre Entstehung auf Umwandlung der Cellulose beruht.

Leipzig, im November 1865.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XV.

Fig. 1. Durchschnitt durch die oberflächlichen Zellen des reifen Leinsamens, unter Alkohol. a Zellhöhle. Vergr. 300.

Fig. 2. Derselbe bei eben beginnender Einwirkung von Wasser. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 3. Derselbe aus dem unreifen Samen. s erste Anlage der secundären Membran. Vergr. 300.

Fig. 4. Derselbe aus einem etwas späteren Stadium des unreifen Samens. Vergröss. 300.

Fig. 5. Eine Gummizelle aus dem Rhizome von Althaea officinalis im ersten Stadium der Aufquellung. Vergr. 300.

Fig. 6. Eine jugendliche Gummizelle aus den vegetativen Organen von Malva vulgaris mit noch unvollendeten Verdickungsschichten. Vergr. 200.

Fig. 7. Gruppenweis zusammenliegende, von Stärkezellen umgebene Gummizellen aus dem Rhizome von Althaea officinalis; das Gummi ist durch Behandlung mit Wasser entfernt, die primären Membranen sind allein übrig. Vergr. 300.

Fig. 8. Oberflächliche Zellen des unreifen Quittensamens unter Jodtinctur. Der eingeschrumpfte protoplasmareiche Zelleninhalt enthält dunkel gefärbte kleine Stärkekörnchen. Vergr. 300.

Fig. 9. Dieselben Zellen aus einem späteren Stadium nach Beginn der Ablagerung der Verdickungsschichten, unter Alkohol. Vergr. 300.

Fig. 10. Einige nicht aufgequollene Stücke der innersten in Spiralfasern zerreissenden Schicht der secundären Membran aus den Schleimzellen von Salvia sylvestris. Vergr. 300.

Fig. 11. Querschnitt durch die oberflächlichen Zellen eines unreifen Achениums von Salvia sylvestris. p primäre, s secundäre Membran, l Zellhöhle. A unter Alkohol, B unter Wasser. Vergr. 300.

Taf. XVI.

Fig. 12. Dasselbe aus einem etwas späteren Stadium. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 13. Durchschnitt durch eine oberflächliche Zelle des Samens von Teesdalia nudicaulis. l Zellhöhle; a, b, c die drei Schichten der secundären Membran. Vergr. 300.

Fig. 14. Querschnitt durch solche Zellen. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 15. Ein etwas aufgequollener, aus der Zelle ausgetretener Theil der Mittelschicht der Schleimmembran von Teesdalia, ein mehrfaches System von Spiralfasern enthaltend. Vergr. 500.

Fig. 16. Queransicht eines wenig aufgequollenen Stückes eines solchen Schleimcylinders, den Eintritt der Sonderung in concentrische Schichten zeigend. Vergr. 300.

Fig. 17. Stark aufgequollener Theil eines Schleimcylinders, die Spiralfasern treten deutlich hervor, bei x unterbrochen. Vergr. 500.

Fig. 18. Durchschnitt durch eine Cotyledonzelle des Samens von Tropaeolum majus, unter Jodlösung. p primäre, s secundäre Membran. Vergr. 200.

Fig. 19. Eine solche Zelle nach einstündigem Kochen in destillirtem Wasser, unter Jodlösung. Bezeichnung und Vergrösserung ebenso.

Fig. 20. Jugendlicher, noch nicht schleimführender Zustand einer Schleimzelle aus dem jungen Knollen von Orchis majalis; von den übrigen Zellen nur durch eine am Zellenkern erschienene Krystalldruse unterschieden. Vergr. 200.

Fig. 21. Etwas älterer Zustand einer solchen Zelle; die Krystalldruse liegt in einem kleinen Schleimtröpfchen. Vergr. 200.

Fig. 22. Abermals etwas älterer Zustand; der Schleimtropfen ist stark vergrössert und hat das Protoplasma und den Zellenkern bis an die Wand der Zelle verdrängt. Vergr. 200.

Fig. 23. Ausgebildeter Zustand; die von Stärkezellen umgebene Schleimzelle enthält nur Schleim; die Krystalle im Mittelpunkte sind bereits wieder in der Auflösung begriffen. Vergr. 200.

Fig. 24. Querschnitt aus dem eingetrockneten, im Frühjahre gesammelten Rhizome von Symphytum officinale unter Jod und Schwefelsäure. Vergr. 200.

Fig. 25. Querschnitt durch ein Gefäss aus dem Holzkörper eines gummikranken Zweiges von Prunus avium; die secundäre Gefässmembran ist zu Gummi aufgequollen. Vergr. 200.

Fig. 26. Ebendaher; a und b zu Gummi aufgequollene Theile der Gefässwände; c Holzzellen, deren secundäre Membran ebenfalls in Gummi desorganisirt ist. Vergr. 200.

Ueber die Keimung einiger grosssporiger Flechten.

Von

A. de Bary.

(Mit Taf. XVII — XIX.)

Durch eine Reihe von Untersuchungen, deren bester Theil in Tulasnes Mémoire sur les Lichens (Ann. sc. nat. 3. Sér. XVII) enthalten ist, wissen wir, dass die Sporen der meisten Flechten beim Keimen dieselben Entwickelungserscheinungen zeigen wie die gleichnamigen Organe verwandter Thallophyten und speciell sehr vieler Pilze. Die innerste Schicht der Sporenwand treibt schlauchförmige Ausstülpungen, Keimschläuche, welche die Aussenschichten durchbrechen, den Sporeninhalt allmählich in sich aufnehmen und zu ästigen Zellreihen heranwachsen. An einer Spore entsteht fast immer ein Keimschlauch oder zwei, selten mehrere.

Unter den beschriebenen Fällen macht aber einer eine bemerkenswerthe Ausnahme von der allgemeinen Regel. Tulasne (l. c. p. 97) sah die keimenden Sporen von Ochrolechia pallescens Mass. (Lecanora Parella Ach.) sich auf ihrer ganzen Oberfläche mit dünnen cylindrischen Haaren oder Fäden (poils, filaments) bedecken, welche, bis gegen 100 an der Zahl, strahlig von der Spore abstehen, mehrmals länger werden als der Durchmesser dieser, und sich verästeln. Die Fäden sind „fast solid". Sie werden durch Schwefelsäure zerstört, nach Einwirkung dieses Reagens „bleibt aber die Spore selbst unversehrt zurück, ohne die geringste Perforation zu zeigen, woraus zu schliessen ist, dass die Haare nur von der Oberfläche ausgehen und keine Höhlung haben, welche mit dem Lumen der Spore in Verbindung steht." Man kann sie auch durch Druck und Reiben mit dem Episporium von dem anscheinend unversehrten Endosporium ablösen.

Da die Spore eine typische Zelle ist, so stellt sich diesen Angaben gegenüber die Frage: wie verhält sich die Bildung der haarähnlichen Fortsätze zu den bekannten Gesetzen der Entwicklung und des Wachsthums der Zellen? Sind sie Auswüchse, Verdickungen des Episporiums, oder sind sie Keimschläuche, also zunächst schlauchförmige Zellen, und entstehen diese wirklich, dem Grundgesetze pflanzlicher Zellbildung zuwider, in der Aussenschicht der Membran und getrennt von dem Protoplasmakörper der Mutterzelle?

Zur Entscheidung dieser Fragen, auf welche Tulasne nicht eingeht, wurden die nachstehenden Untersuchungen unternommen, deren Resultat zwar schon kurz in dem 2ten Bande des Handbuchs der Physiologischen Botanik mitgetheilt ist, deren ausführlichere Darstellung aber nicht unnütz sein dürfte. Die Untersuchung wurde ausgedehnt auf eine Reihe anderer Flechten, deren Sporen denen von Ochr. pallescens durch ihre beträchtliche Grösse und ihren Bau ähnlich sind, und welche hiernach auch ähnliche Keimungserscheinungen erwarten liessen. Es sind dies ausser Ochrolechia Massal. (Lecanora pallescens Schaer., L. tartarea Schaer.) die Genera Pertusaria DC. und Megalospora Massal. (Lecidea sanguinaria Ach., Lecid. affinis Schaer.).

Die zu beschreibenden Aussaaten wurden gemacht nach der von Tulasne (l. c.) angegebenen Methode, welche darin besteht, dass man die fruchttragende Flechte, stark befeuchtet, über dem Gegenstande befestigt, welcher die Sporen aufnehmen soll. Die reifen Sporen werden hiebei aus dem quellenden Apothecium ejaculirt und fallen auf den Recipienten. Alle hier zu beschreibenden Aussaaten wurden auf gewöhnliche Objectträger gemacht, welche sich in einer abgeschlossenen feuchten Atmosphäre befanden, die Keimungen erfolgten in den Wassertröpfchen, welche sich auf die Objectträger niederschlugen.

Ich beginne mit den Pertusarien, von denen ich P. communis DC., P. fallax Hook, P. lejoplaca Schaer., P. Wulfenii DC. und P. DeBaryana Hepp n. sp.[1]) untersucht habe. Es ist bekannt, dass die Arten dieser Gattung sich vornehmlich von einander unterscheiden durch die Zahl der in einem Ascus gebildeten Sporen, die Gestalt, durchschnittliche Grösse und Structur der letzteren.

1) Vergl. die Erklärung der Abbildungen. Herr Dr. Hepp hatte die Güte, die Bestimmung der Arten zu controliren. In dem Handbuch der physiol. Bot. habe ich die neue Art irrthümlich P. ceuthocarpa? genannt.



In den Hauptpunkten des Baues stimmen alle Arten überein. Die reife, frisch aus dem Apothecium entleerte Spore ist eine längliche oder ovale Zelle von beträchtlicher Grösse. Ihr farbloser Inhalt besteht aus feinkörnigem Protoplasma und zahlreichen diesem eingelagerten ziemlich gleichgrossen runden Oeltröpfchen, welche der Spore ein dichtkörniges undurchsichtiges Ansehen geben. Selten liegen in der Mitte einzelne Oeltropfen, welche die übrigen an Grösse bedeutend übertreffen. Beiderlei Inhaltsbestandtheile werden durch Jod gelb, durch Chlorzinkjodlösung braunroth gefärbt, beide erfüllen, soweit ich erkennen konnte, mit einander den ganzen Raum der Spore, derart gemengt, dass die Oeltropfen durch sehr schmale Protoplasmastreifen von einander getrennt sind (Fig. 1, 2, 9, 14, 17, 18, 20). Stirbt eine Spore durch irgend welche Ursache ab, so fliessen die Oeltröpfchen in eine homogene, fettglänzende durchscheinende Masse zusammen. An Herbariumexemplaren wird meistens der Inhalt aller Sporen von einer solchen gebildet, diese scheint daher, z. B. von Massalongo (Rich. Lich. crost. p. 186) und Körber, für den charakteristischen Sporeninhalt der Pertusarien gehalten zu werden; sie kommt aber nur den todten Sporen zu.

Der Inhalt wird umgeben von einer dicken Membran, welche an frischen reifen Exemplaren der untersuchten Arten meistens farblos, glashell, selten und wie es scheint nur in einzelnen sehr alten Exemplaren (z. B. von P. communis, lejoplaca) blass gelbbraun und graubraun ist. An der Membran lassen sich zunächst zwei Hauptlagen unterscheiden, von denen ich die innere als Membran oder Wand im engeren Sinne, die äussere als Gallerthof bezeichnen will. Erstere ist eine Haut vom Ansehen einer geschichteten Cellulosemembran, aussen und innen scharf umschrieben, weich, biegsam, im Wasser nicht, oder doch nur in den späteren Keimungsstadien, zu formloser Gallerte aufquellend. An der Membran ist eine innerste Schichte, Endosporium, zu unterscheiden, welche bei allen Arten rings um die ganze Spore 1 Mikromillimeter oder wenig darüber dick ist und an lebenden Exemplaren keine untergeordnete Schichtung erkennen lässt. Sie wird umgeben von dem Episporium, einer Lage, welche je nach den Arten verschiedene Mächtigkeit, vielfach reiche feine Schichtung und zumal bei den dickwandigen Sporen an beiden Enden weit grössere Dicke als an den Seiten zeigt. Die Aussenfläche des Epispors ist bei den vier in obiger Aufzählung zuletzt genannten Arten uneben, in der Profilansicht daher fein gekerbt.

Am auffallendsten tritt die Unebenheit bei P. Wulfenii hervor

(Fig. 17—19). Wie an solchen Sporen, welche durch Druck entleert oder durch Tödtung durchscheinend gemacht sind, deutlich wird, haben hier die Erhabenheiten die Gestalt feiner querlaufender Leisten, welche durch Anastomosen zu einem unregelmässigen Netze mit spitzwinkligen quergestreckten Maschen verbunden sind. Das Netz ist in der Mitte der Spore am deutlichsten, gegen beide Enden hin wird es sehr zart und engmaschig, an den Enden selbst kaum erkennbar [1]).

Wesentlich die gleiche Beschaffenheit wie bei genannter Art hat die Oberfläche des Epispors von P. lejoplaca, fallax, DeBaryana, nur dass bei diesen das Netz noch weit zarter und engmaschiger ist als bei P. Wulfenii. Es wird daher leicht ganz übersehen und ist in den beiliegenden Abbildungen mehrfach nicht wiedergegeben.

Bei P. communis sind die zarten vorragenden Netzleistchen auf der Aussenfläche nicht vorhanden, diese vielmehr glatt oder wenig wellig. Dagegen ist hier, wie schon von Hepp (Fl. Eur. 676) abgebildet wurde, das Endosporium regelmässig wellig gefaltet und die angrenzenden Theile des Epispors entsprechend uneben. Ausserdem zeigt das Episporium dieser Species (Fig. 8, 9) in der Durchschnittsansicht breite, senkrecht von innen nach aussen und durch alle Schichten gehende Streifen von abwechselnd verschiedenem Lichtbrechungsvermögen — die einen hell glänzend, die andern dunkel; letztere entsprechen entweder den nach aussen, oder den nach innen vorspringenden Falten des Endospors, manchmal kommt beides dicht neben einander vor. In der Flächenansicht bilden die dunkeln Streifen ein grobmaschiges blasses Netz (Fig. 8 b), und die Falten des Endospors haben, soweit erkennbar ist, dieselbe netzförmige Gestalt und Verbindung; beide Netze scheinen sich zu decken. Wenn nun auch hiernach eine directe Beziehung zwischen der Faltung des Endospors und der Streifung besteht, so kann letztere doch nicht einfach der optische Effect von jener sein. Vielmehr zeigt scharfe Einstellung des optischen Längsschnittes der Spore sowohl als aufmerksamere Betrachtung der Flächenansicht mit wechselnder Einstellung des Mikroskops, dass die Sonderung in dunklere Netzstreifen und helle Interstitien dem Epispor selbst, seiner ganzen Dicke nach, zukommt, am auffallendsten den inneren Schichten. Sie findet sich auch an solchen (hie und da zur Beobachtung kommenden) Sporen, bei wel-

1) Tulasne's Fig. 11, pl. 16 stellt die Profilansicht einer im Absterben begriffenen ungekeimten Spore von P. Wulfenii oder einer ähnlichen Species dar, und nicht den Beginn der Keimung.



chen das Endospor nicht oder kaum wellig ist. Nach den von anderen Zellhäuten bekannten Thatsachen wird der Grund der Streifung in einer nach den Streifen wechselnden Dichtigkeit der Membran zu suchen sein.

Mit der Unebenheit des Endosporiums und der wechselnd ungleichen Dichtigkeit der Membranschichten mag eine Erscheinung zusammenhängen, welche man an todten Sporen der P. communis oft findet, und welche darin besteht, dass die Membranstructur undeutlich wird, der Inhalt aber die Gestalt eines homogenen spindelförmigen Körpers annimmt, dessen Aussenfläche allenthalben zu dicken unregelmässigen queren Runzeln oder Leisten oder cylindrischen Zapfen vorgetrieben ist. Solche Körper sind es offenbar, welche Massalongo, Lich. crostos. Fig. 382, 391, freilich sehr unvollkommen, abbildet. Ich habe die Entstehung dieser Bildungen nicht genau verfolgt, aber das eine festgestellt, dass sie nur an abgestorbenen Sporen bei längerer Austrocknung und bei Aufbewahrung in Glycerin auftreten; und ich erwähne ihrer hier lediglich deshalb, weil sie für Keimungsanfänge gehalten werden könnten, mit welchen sie in der That nichts gemein haben.

Das Episporium wird umgeben von einer Lage, welche innerhalb des Ascus eine scharf doppeltcontourirte, dünne Haut bildet (Fig. 1), in Wasser, aber alsbald zu bedeutender Dicke und weicher Gallertconsistenz aufquillt, weshalb ich sie eben Gallerthof genannt habe. Der Hof ist an der ganz frisch entleerten Spore je nach den Arten von verschiedener Festigkeit und Breite, dünn und ganz homogen z. B. bei P. lejoplaca, Wulfenii, derber, zart geschichtet und oft feinkörnig bei P. fallax, DeBaryana, communis. Es ist nicht zu bezweifeln, dass er ein Theil und zwar die primäre Lage der Zellmembran ist; eingehende Untersuchungen über die Entwicklung der Sporen, welche hierüber allein sichern Aufschluss geben können, liegen jedoch nicht vor. Chlorzinkjod färbt bei P. communis und DeBaryana die inneren Membranschichten (Endo- und Epispor) violett, die äusseren sehr blass-, den Gallertsaum intensiv gelb; bei P. lejoplaca wird das Endospor sehr blass violett, die übrigen Lagen gelb.

Die obigen und alle folgenden Angaben über die Structur der Sporen beziehen sich, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, nur auf frische, reife, spontan aus den Ascis entleerte Exemplare. An abgestorbenen ist nicht nur der Inhalt, sondern auch die Membran vielfach verändert, ältere Herbariumexemplare daher zur Controlirung des Gesagten grösstentheils unbrauchbar, und die vortreff-

lichen Artunterschiede, welche in dem Bau der Spore enthalten sind, an getrockneten Exemplaren meistens nicht aufzufinden.

Die Keimung der Pertusarien beginnt in den ersten 24 bis 48 Stunden nach der Aussaat, sie erfolgt in den Wassertröpfchen auf dem Objectträger leicht bei allen untersuchten Arten, mit Ausnahme der P. Wulfenii, welche mir weitaus die meisten Sporen, aber nie eine Spur von Keimung lieferte.

Bei den Arten, deren Episporium das Endospor an Dicke bedeutend übertrifft (P. DeBaryana, fallax, communis), wird der Anfang des Keimens angezeigt durch das Auftreten rundlicher oder linsenförmiger Bläschen im Innern des Episporiums. Dieselben treten fast immer nur auf der dem Substrat zugekehrten unteren Hälfte der Spore auf, in grosser Zahl, etwa zu 50 bis 70 und mehr über ihre Fläche zerstreut, die obersten, an der Grenze der Unterhälfte liegenden, können genau in der Profilansicht beobachtet werden, wenn man das Profil der unverrückt liegenden Spore einstellt. Nur in einzelnen Fällen (bei P. DeBaryana, communis) fand ich die Bläschen rings um die ganze Seitenfläche der Spore. Auf den ersten Blick sieht es aus, als lägen die Bläschen wie ringsum geschlossene Vacuolen in der Membran, bei scharfer Profileinstellung erkennt man aber, dass sie mit dem Inhalt in Verbindung stehen vermittelst eines geraden engen Porencanals. Ist dieses einmal festgestellt, so lässt sich an guten Aussaaten leicht eine vollständige Entwicklungsreihe finden, welche zeigt, dass die Bildung der Bläschen beginnt mit dem Auftreten enger, von der Innenfläche des Endospors senkrecht nach aussen gerichteter Canäle; diese verlängern sich derart, dass sie das Endosporium und eine für alle gleiche Anzahl Schichten des Epispors durchsetzen, und erweitern sich aussen von den letzteren zu den Bläschen. Dieser Sachverhalt wird bei aufmerksamer Beobachtung ohne weiteres an jedem guten Präparat deutlich; er tritt besonders schön hervor, wenn man den Sporeninhalt durch Chlorzinkjod oder Carminlösung färbt (vgl. Fig. 3—5, 8a, 10—11, 15).

Manchmal gelingt es, die verschiedenen Entwickelungszustände der Bläschen selbst an einem und demselben Exemplar zu finden, doch sind solche Fälle selten, da an einer Spore die Bildung aller nahezu gleichzeitig beginnt und nahezu gleichen Schritt hält. Die Länge der Porencanäle ist nach den Arten verschieden; bei P. DeBaryana sind sie am längsten, indem sie fast durch die halbe Dicke der Membran gehen, bei P. fallax, P. communis sind sie kürzer, bei letzterer sitzen die Bläschen fast dem Endospor auf. Die Anwendung

färbender Reagentien zeigt, dass Canäle und Bläschen von Anfang an mit homogenem farblosem Protoplasma erfüllt sind, welches mit dem des Sporeninhalts in unmittelbarer Continuität steht. Liegen die Sporen im Wasser, so erscheinen jene allerdings nur wie wasserhelle, zuweilen einige Körner enthaltende Hohlräume in der Membran. Die Wand der Bläschen wird von einer zwar zarten, aber deutlich doppelt contourirten besonderen Membran gebildet, welche sich in dem einfachen Umriss der Canäle fortsetzt und die gleiche Lichtbrechung zeigt wie das Endosporium. In der Anordnung der beschriebenen Bildungen ist keine weitere Regel als die schon angeführte zu erkennen, dass sie auf der ganzen dem Substrat zugekehrten Hälfte zerstreut liegen. Bei P. communis sah ich die Porencanäle immer nur von den nach aussen vorspringenden Falten der Innenfläche ausgehen. An den Enden der Spore sind Bläschen und Canäle meist weniger zahlreich als in der Mitte oder gar nicht vorhanden. Dafür, dass sie vor der Keimung schon vorgebildet oder angelegt wären, ist kein Anzeichen vorhanden, vielmehr geht aus den beobachteten Erscheinungen hervor, dass sie in der ursprünglich ringsum gleichartig gebauten Spore, auf der dem Substrat gerade zugekehrten Seite (ausnahmsweise ringsum), als Neubildungen entstehen.

Die Bläschen dehnen sich, wenigstens an der Seite der Spore, innerhalb der Membranschichten, in welchen ihre Bildung beginnt, aus, bis ihr Durchmesser der Dicke jener Schichten ohngefähr gleich- und ihr äusserer Rand der Oberfläche nahekömmt. Die Membran wird hierbei zunächst weder an einzelnen Punkten vorgetrieben, noch im Ganzen dicker. Wenn man in diesem Stadium durch wasserentziehende Reagentien oder Sprengung der Spore den Druck des Inhaltes auf die Membran mindert oder aufhebt, so werden die Bläschen kleiner, ohne jedoch zu verschwinden, die Membran nimmt an Dicke beträchtlich zu und der äussere Rand der Bläschen tritt von der Oberfläche der Spore weit zurück, er wird von einer breiten vielschichtigen Lage der Membran umzogen (Fig. 5, 11 b). Der Umfang der ganzen Spore wird hierbei nicht grösser, meist sogar etwas kleiner. Aus diesen Erscheinungen folgt zunächst, dass die Bläschen in dem Maasse, als sie sich ausdehnen, innerhalb der äussersten, elastischen und Widerstand leistenden Schichten die Membran zusammendrücken, sich in diese eindrängen. Der Umstand aber, dass die Bläschen und Porencanäle auch nach Sprengung der Spore nicht verschwinden, macht es wenigstens sehr wahrscheinlich, dass bei ih-

rer Bildung die Membran an den entsprechenden Stellen theilweise aufgelöst wird.

Die Vergrösserung der Bläschen schreitet, während ihre Form die gleiche bleibt, fort, bis ihr Durchmesser die ursprüngliche Dicke des Epispors etwas übertrifft; dieses wird hierdurch entweder auf der ganzen Unterseite oder zunächst an einzelnen Stellen derselben vorgetrieben. Endlich treibt jedes Bläschen an seiner äusseren Seite eine cylindrische, stumpfe, schlauchförmige Ausstülpung, deren Dicke beiläufig dem halben Bläschendurchmesser gleichkommt, welche die Aussenfläche des Epispors durchbricht und durch den Gallerthof hindurch ins Freie tritt (Fig. 6, 12, 13, 16). An der Seite der Spore wachsen die Schläuche senkrecht zur Oberfläche, stehen also strahlenartig von dieser ab; an den Enden bohren sie sich oft erst in unregelmässigen Krümmungen durch das dicke Epispor, ehe sie dessen Oberfläche erreichen und durchbrechen. Die Schläuche sind stets mit sehr zarter, doch deutlicher Membran versehen, welche sich in die Wand der Bläschen continuirlich fortsetzt, und von homogenem Protoplasma erfüllt. Sie gleichen vollständig jungen zarten Keimschläuchen von anderen Flechten und Pilzen.

Pertusaria lejoplaca (Fig. 20) ist von den drei soeben besprochenen Arten durch ihr dünnes Epispor ausgezeichnet, dieses ist an den Seiten von geringerer Dicke als das Endosporium. Dem entsprechend beginnt die Keimung hier in einer von der beschriebenen etwas verschiedenen Weise. Auf der dem Substrat zugekehrten Seite der Spore entstehen zahlreiche senkrecht zur Oberfläche gerichtete Canälchen, welche so zart sind, dass sie an der intacten Spore kaum erkannt werden können, durch Chlorzinkjodlösung dagegen sehr deutlich hervortreten (Fig. 21 b). An der Oberfläche der Membran erweitert sich das Ende jedes Canals zu einem kugeligen Bläschen, welches über die Oberfläche hervorragt, innerhalb des Gallertsaumes zu etwa der doppelten bis dreifachen Dicke der Membran anschwillt und dann an seiner Aussenseite einen ins Freie tretenden Keimschlauch treibt (Fig. 21—24). Die Bläschen sind von Anfang an mit einer zarten Membran bekleidet und von homogenem Protoplasma erfüllt, welches durch den Canal mit dem des Sporeninhalts in continuirlicher Verbindung steht.

Die Keimschläuche verhalten sich in ihrer Weiterentwicklung bei allen untersuchten Arten gleich, wenn man von unbedeutenden Dicken- und Gestaltverschiedenheiten absieht. Sie wachsen nach Art gewöhnlicher Flechten- und Pilzkeimschläuche in die Länge und neh-

men dabei zunächst die Richtung an, dass sie der Fläche des Substrates parallel und diesem zum Theil aufliegend radienartig von der Sporenoberfläche abstehen (Fig. 12, 23). Ihre Structur bleibt (mit Ausnahme der Querwände) immer die gleiche, welche oben beschrieben wurde. Sobald ihre Länge etwa dem Querdurchmesser der Spore gleichkommt, treten einzelne Querwände und unregelmässige Verästelung auf. Die Aeste erheben sich vielfach schräg oder senkrecht in die Luft. Die meisten Sporen starben auf dem Objectträger in diesem Stadium oder schon vorher ab. Nur bei einigen Exemplaren von P. DeBaryana gelang es die Entwicklung noch ein Stück weiter zu verfolgen: die Schläuche erreichten die 2- bis 3fache Länge des Sporendurchmessers, verästelten sich reichlich, viele Aeste richteten sich aufrecht, einzelne bildeten H-förmige Anastomosen mit einander. Auch im Innern des Episporiums entstanden zahlreiche Aeste, welche die Schichten dieses allmählich vollkommen verdrängten und mit einander ein dichtes Geflecht rings um das Endospor bildeten. Von dem Geflecht entsprangen wiederum zahlreiche aufrecht in die Luft ragende Zweige (Fig. 7).

Der Sporeninhalt wird beim Beginn der Bläschenbildung noch schwärzer, undurchsichtiger als vor der Keimung; es gelingt mit einiger Mühe, sich zu überzeugen, dass dies von dem Auftreten zahlreicher kleiner Vacuolen herrührt. Während der Entwicklung der Schläuche bleibt sein Ansehen lange unverändert, doch beobachtet man zuweilen grössere Vacuolen und somit ein allerdings sehr langsames theilweises Verschwinden der Fetttropfen. Bei den beschriebenen Exemplaren, deren Keimung am weitesten fortschritt, wurde das Fett nach und nach fast vollständig gelöst, an seine Stelle trat wässerige Flüssigkeit, in welcher nur mehr spärliche Fetttröpfchen suspendirt blieben (Fig. 7). An der Mehrzahl der Sporen war der grösste Theil der Fetttropfen zur Zeit des Absterbens noch unverbraucht und ballte sich zu einem dunkeln grobkörnigen Klumpen zusammen (Fig. 16).

Die Membran der Spore beginnt mit der Austreibung der Keimschläuche zu quellen, sie wird weich, die Schichtung verschwindet; ihr völliges Verdrängtwerden durch das Astgeflecht der Schläuche bei den Exemplaren, deren Keimung bis zur gänzlichen Auflösung des Fettes verlief, wurde schon erwähnt; bei den vorher absterbenden stellte sie zuletzt eine homogene zart umschriebene durchsichtige Gallertmasse dar.

Die reifen Sporen von Megalospora sind farblos, länglich-cy-

lindrisch (M. sanguinaria) oder eiförmig (M. affinis)[1]) und haben im Wesentlichen den gleichen Bau wie bei den Pertusarien mit dickem Episporium (Fig. 25, 30). Ihre Oberfläche ist glatt[2]), der Gallerthof fehlt, die Fettkörner des Inhalts sind kleiner, dieser durchscheinender, das Endosporium dicker als bei den genannten Pertusarien. Der Keimungsanfang ist dem für diese Flechten beschriebenen durchaus ähnlich, nur mit dem Unterschied, dass die Bläschen und Keimschläuche in der ganzen Oberfläche, nicht bloss an der Unterseite der Spore entstehen (Fig. 26—28, 31). Die Bläschen bilden sich dicht an der Aussenfläche des Endosporiums; die Keimschläuche sind pfriemenförmig und stehen nach allen Seiten senkrecht von der Oberfläche ab. Sie erreichten auf dem Objectträger höchstens die halbe Länge des Sporenquerdurchmessers (Fig. 29); spätestens in diesem Stadium starben die Sporen, viele schon mit Beginn der Bläschenbildung, alle lange bevor der Inhalt verbraucht war. Bei M. sanguinaria begann die Keimung nur bei sehr wenigen Exemplaren, die meisten blieben wochenlang unverändert, um zuletzt zu Grunde zu gehen.

Die Sporen von Ochrolechia pallescens[3]) haben die Gestalt eines regelmässigen Ellipsoids, ihre dünne farblose Wand ist in eine zarte Aussen- und eine etwas dickere Innenschicht (Endosporium) gesondert, ohne Gallerthof. Ihr Inhalt besteht aus einem

---

1) Ueber die Unterschiede der beiden Arten vergl. die Tafelerklärung.

2) Die Oberfläche frisch ejaculirter Sporen ist immer rein und glatt, ohne die Anhängsel, welche ihnen nach Schleiden (Grundz. 3. Aufl. II p. 45, 46) und Buhse (Bull. soc. Natur. Moscou T. XIX) in Form von „Hörnern, Spitzen und sonst wunderlichen Auswüchsen" ankleben sollen. Auch im Innern der Asci finde ich nichts von solchen Dingen, es entstehen hier eine oder zwei Sporen, und nicht, wie Schleiden angibt, 8—12, von denen nur 1—2 sich vollkommen ausbilden, die anderen aber abortiren und den ausgebildeten in Form eben jener Anhängsel ankleben. Zu der Beschreibung solcher Appendices könnten etwa keimende Sporen die Veranlassung gegeben haben; da aber kaum anzunehmen ist, dass die genannten Autoren die Keimung beobachtet haben, so wären ihre Angaben unerklärlich, wenn nicht eine Abbildung von Lindsay zu Hülfe käme (Popular history of brit. Lichens pl. XIV). Es ist kaum zweifelhaft, dass diese solche Sporen darstellt, welche mit dem sie umgebenden Protoplasma, also wohl vor völliger Reife, in dem Ascus eingetrocknet sind; das vertrocknete Protoplasma haftet ihren Enden in Form kegelförmiger verdrehter Auswüchse an. — Eine Abnormität, welche Buhse abbildet, fand ich dagegen hie und da bei M. sanguinaria wieder; sie besteht darin, dass die Spore durch eine dicke Querwand in zwei sehr ungleich grosse Tochterzellen getheilt ist.

3) Die untersuchten Exemplare sind auf Buchen gewachsen und gehören der Form tumidula (Kbr. Lich. Germ. 149) an.

Gemenge von Fett und feinkörnigem Protoplasma, in seiner Mitte liegt einer oder mehrere grosse kugelige Fetttropfen (Fig. 32). Jod färbt das Fett gelb bis gelbbraun, das Protoplasma braunroth, und man erkennt nach Einwirkung dieses Reagens, dass rings um die centralen Fettkugeln zahlreiche grössere rundliche Protoplasmaklümpchen angehäuft sind. Der Beginn der Keimung erfolgt in der Regel innerhalb der ersten 24 Stunden nach der Aussaat und wird dadurch angezeigt, dass auf der ganzen Aussenfläche der Spore zahlreiche zerstreute runde Wärzchen erscheinen (Fig. 33—35). Diese wachsen sofort zu den von Tulasne beschriebenen Fäden oder Haaren aus, welche nach allen Seiten von der Sporenoberfläche ausstrahlen; sie sind oft schon 24 Stunden nach der Aussaat 3—4 mal länger als breit, in den nächsten Tagen wachsen sie weiter in die Länge und verzweigen sich (Fig. 36—38). Die Structur der Haare und der Wärzchen, aus welchen sie entstehen, ist die gleiche, welche für die Keimschläuche und Bläschen der Pertusarien und speciell der P. lejoplaca beschrieben wurden: eine sehr zarte Membran umschliesst ein durchaus homogenes farbloses, durch Jod gelb werdendes Protoplasma. Nach Einwirkung von Chlorzinkjodlösung erkennt man aufs deutlichste, wie dieses mit dem Protoplasma der Spore in continuirlicher Verbindung steht durch einen sehr feinen Porencanal, welcher durch das Endosporium senkrecht nach aussen geht, und sich auf der Aussenseite des letzteren zum Bläschen erweitert. Dieses liegt zuerst in dem Epispor, wölbt die betreffende Stelle des letztern nach aussen, um sie alsbald zu durchbrechen oder wenigstens bis zur Unkenntlichkeit vorzudrängen (Fig. 34). Die Auswüchse der Sporenoberfläche entsprechen somit genau den Bläschen und Keimschläuchen der P. lejoplaca, nur sind jene, bevor sie zu den Schläuchen auswachsen, kleiner als bei dieser und die Porencanäle schwieriger sichtbar, theils wegen ihrer Zartheit, theils weil es bei der grossen Anzahl der Bläschen und ihrer Vertheilung über die ganze Spore oft schwer hält, scharfe Profilansichten der einzelnen zu erhalten. Bei geeigneter Einstellung des Mikroskops gelang es übrigens nicht selten, an den Bläschen, welche mitten auf der Oberseite intacter Sporen liegen, den Querschnitt des Porencanals zu sehen, als einen dunkeln Punkt im Centrum des kreisförmigen Umrisses des Bläschens (Fig. 35). Und an Sporen, welche mit Jod oder Chlorzinkjod behandelt sind, kann man, mittelst starken Drucks auf das Deckglas, Sporeninhalt durch die Canäle in die Bläschen oder in umgekehrte Richtung pressen.

Die Veränderungen des Sporeninhalts während der Keimung sind

dieselben wie bei den Pertusarien. Die Menge der körnigen Bestandtheile vermindert sich in dem Maasse als die Schläuche wachsen; ihr völliges Verschwinden ist bis jetzt nicht beobachtet worden. Die Sporenwand behält während der bekannten Stadien ihre ursprüngliche Grösse und Gestalt. Meine bestentwickelten Exemplare starben ab, als die Keimschläuche etwa die doppelte Sporenlänge erreicht hatten; Tulasne sah Schläuche, welche 3—4mal so lang waren als die Sporen.

Von Ochrolechia tartarea Mass. kann ich mit Bestimmtheit angeben, dass die ersten Keimungsanfänge denen der beschriebenen Species gleich sind. Ihre Entwicklung weiter zu verfolgen, erlaubte das mir zu Gebote stehende Material nicht.

Die Haare der keimenden Spore von O. pallescens, welche zu den Eingangs gestellten Fragen Veranlassung gegeben haben, sind somit Keimschläuche, im Wesentlichen denen typisch keimender Flechten gleich, ausgezeichnet durch ihre grosse Zahl und die sehr enge Verbindung ihres Lumens mit dem der Spore. Und die anderen hier beschriebenen Genera stimmen mit Ochrolechia wie in der Grösse und Structur der reifen Spore, so auch in den Keimungseigenthümlichkeiten überein; man kann auf Grund dieser Uebereinstimmungen die in Rede stehenden Gattungen unter einem gemeinsamen Namen, etwa als grosssporige Flechten, zusammenfassen — womit jedoch keineswegs gesagt sein soll, dass sie alle mit einander eine Gruppe im natürlichen Systeme bilden.

Die mitgetheilten Beobachtungen dürften noch eine weitere, von Tulasne angeregte Frage beantworten. Bei den mit einem oder zwei Schläuchen keimenden Flechten wird die Spore zu Gunsten der Keimschläuche entleert und stirbt hiermit ab; wenigstens gilt dies für eine Reihe sicher beobachteter Fälle. Da mit Grund angenommen werden darf, dass sich aus der Spore ein neuer Thallus entwickelt, so muss dieser bei den letzterwähnten Flechten, wie bei sehr vielen Pilzen, aus den Keimschläuchen entstehen und einige, freilich nicht ganz vollständige, directe Beobachtungen Tulasne's lassen hieran kaum einen Zweifel übrig. Für Ochrolechia pallescens und indirect auch für Pertusaria spricht nun Tulasne die Vermuthung aus, der Thallus selbst werde durch eine im Innern des Sporenraumes stattfindende Zellentheilung angelegt, und die von der Oberfläche ausstrahlenden Keimschläuche seien nur seine ersten Haftorgane. Die Vermuthung gründet sich darauf, dass auch bei lange fortgesetzter Cultur der Sporeninhalt nur zu kleinem Theile ver-

schwand, und dass die Keimschläuche der O. pallescens von denen anderer Flechten in jeder Beziehung wesentlich verschieden zu sein schienen. Der letztere Grund fällt jetzt weg. Gegen den ersteren lässt sich nach den meisten hier mitgetheilten Beobachtungen allerdings nichts sagen, da bei denselben die Sporen abstarben, ohne dass ihr Inhalt auch nur zum grösseren Theile verschwunden gewesen wäre. Bei den beschriebenen bestentwickelten Exemplaren der Pertusaria DeBaryana dagegen fand Letzteres statt, die Spore entleerte sich in dem Maasse als die Keimschläuche wuchsen, nach Verbrauch des Sporeninhalts stand das Wachsthum der Schläuche (auf dem Objectträger) still, erst etwa 14 Tage später starben sie ab. Es ist wohl hinreichender Grund zu der Annahme vorhanden, dass sich die anderen grosssporigen Flechten bei ungestörtem Verlauf der Keimung ebenso verhalten; dass also der Sporeninhalt zu Gunsten der Keimschläuche verbraucht, der Thallus aus letzteren entwickelt wird.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 1, 7, 36, 38 sind 190 mal, 34 b 700 mal, alle übrigen 390 mal vergrössert.

Taf. XVII.

Fig. 1—7. Pertusaria DeBaryana Hepp.

Die Species ist zu charakterisiren: Thallus runzelig, hellgrau oder gelblich; Fruchtwarzen zahlreich, dicht gedrängt, stark vorspringend, mit 1—8 punktförmigen Ostiolis. Asci mit 4 oder 3 Sporen; diese ellipsoidisch 130—184 Mik. lang, 3—3½ mal so lang als dick (nach Dr. Hepp's Messungen); Episporium an den Seiten (ohne den Gallerthof) 4 mal dicker als das Endospor, vielschichtig, auf der Aussenfläche sehr zart quergestreift.

An Buchen auf dem Blauen im Schwarzwald (3800').

Fig. 1. Fast reife Asci, isolirt, a mit 3, b mit 4 Sporen. Die äussersten Doppellinien um jede Spore bezeichnen den innerhalb des Ascus schmalen Gallerthof.

Fig. 2. Reife, ejaculirte Spore, in Wasser liegend. s Endosporium, e Episporium, g Gallertsaum.

Fig. 3.' Ejaculirte Spore, höchstens 24 Stunden nach der Aussaat, in Wasser liegend. Optischer Längsschnitt. Porencanäle in der Membran sichtbar.

Fig. 4. Keimende Spore, 24 Stunden nach der Aussaat. Porencanäle und Bläschen in der Membran.

Fig. 5. Aehnlicher Entwicklungszustand wie Fig. 4, nach 48 stündiger Einwirkung von Carminlösung. Optischer Längsschnitt. Die Punkte auf der Fläche deuten die bei tieferer Einstellung des Mikroskops durch den Inhalt durchschimmernden Porencanäle auf der Unterseite an.

Fig. 6. Keimende Spore am dritten Tag nach der Aussaat (5. October); Gallertsaum weggelassen.

Fig. 7. Dasselbe Exemplar am 12. October. h eine H-förmige (auch mit stärkerer Vergrösserung untersuchte) Anastomose. Epispor von einem dichten Geflechte von Keimschläuchen durchwuchert. Von den ausstrahlenden Keimschläuchen sind nur die ohne starke Veränderung der Einstellung sichtbaren gezeichnet, viele andere, zumal tiefer liegende, nicht wiedergegeben. Das Exemplar wuchs kaum weiter und starb gegen den 1. November ab.

Fig. 8. Pertusaria communis DC.

b. Reife ejaculirte Spore. nach kurzer Einwirkung von Alkohol in Wasser liegend. Inhalt durchscheinend-homogen, in der Zeichnung weggelassen. Gezeichnet sind der

optische Längsschnitt von Membran (Endosporium undeutlich geworden) und Gallerthof, und die zarte netzartige Streifung, welche bei scharfer Einstellung der Oberfläche an der Membran hervortritt.

a. Spore im Anfang der Keimung, ebenso behandelt wie b. Optischer Längsschnitt mit den Porencanälen gezeichnet; Inhalt und Gallertsaum weggelassen.

Taf. XVIII.

Fig. 9—13. Pertusaria communis DC.

Fig. 9. Reife, seit höchstens ½ Stunden ejaculirte Spore in Profilansicht.

Fig. 10. Keimungsanfang. Bläschen entwickelt.

Fig. 11. Kleines Exemplar, etwas weiter als 10 entwickelt, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht, die Bläschen tragende Unterseite in Profilansicht; a in Wasser, frisch, b optischer Längsschnitt nach 34 stündiger Einwirkung von Glycerin und Carminlösung. Gallerthof in der Zeichnung weggelassen.

Fig. 12. Weiter entwickeltes Exemplar, mit zahlreichen gestreckten Keimschläuchen, in natürlicher Lage, von oben gesehen.

Fig. 13. Aehnliches, etwas weniger entwickeltes Exemplar, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht.

Fig. 14—16. Pertusaria fallax Hook.

Fig. 14. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 15. Keimende Spore, 24 Stunden nach Aussaat, von oben gesehen, im Profil. Der Gallertsaum vollkommen unkenntlich.

Fig. 16. Keimende Spore, am 16ten Tage nach der Aussaat, von oben im Profil gesehen. Beginnt abzusterben. Einzelne Zellen der Keimschläuche geplatzt und entleert.

Fig. 17—19. Pertusaria Wulfenii DC.

Fig. 17, 18. Reife ejaculirte Sporen, in Wasser. Profilansicht. In Fig. 18 der Gallertsaum weggelassen.

Fig. 19. Reife ejaculirte Spore, in Wasser liegend, nach Tödtung durch Alkohol. Optischer Längsschnitt und Oberfläche gezeichnet, mit Hinweglassung des Inhalts und Gallerthofs.

Taf. XIX.

Fig. 20—24. Pertusaria lejoplaca Schaer.

Fig. 20. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 21. a keimende Spore, 36—48 Stunden nach Aussaat. Bläschen seitlich vortretend. b dieselbe, mit Chlorzinkjod behandelt.

Fig. 22. Keimende Spore, 48 Stunden nach Aussaat.

Fig. 23. Aelteres Exemplar. Keimschläuche deutlich septirt.

Fig. 24. Keimende Spore, aus der natürlichen Lage um 90° gedreht.

Fig. 25—29. Megalospora affinis Kbr.

Fig. 25. Reife ejaculirte Spore, in Wasser.

Fig. 26. Keimungsanfang, 36 Stunden nach Aussaat. Profil und Oberfläche gezeichnet.



Fig. 27. Exemplar in demselben Entwicklungsstadium wie Fig. 26, durch Druck gesprengt und entleert. Profil und Oberfläche gezeichnet.

Fig. 28, 29. Keimende Sporen am dritten Tage nach der Aussaat. Ausführung wie Fig. 26.

Fig. 30, 31. Megalospora sanguinaria Mass.

Fig. 30. a. b reife ejaculirte Sporen, in Wasser.

Fig. 31. Keimende Spore, Beginn der Bläschenbildung, 24 Stunden nach Aussaat, optischer Längsschnitt.

Nach Untersuchung lebender Exemplare hat M. sanguinaria je eine Spore im Ascus; Sporen länglich-cylindrisch, 78—104 Mik. lang, 39—52 Mik. breit, im Mittel aus 10 Messungen 93 Mik. lang, 45 Mik. breit. — M. affinis: Je zwei Sporen im Ascus; Sporen eiförmig, Epispor am schmalen Ende am dicksten. Länge der Spore 49—86 Mik., Breite 34—40 Mik., im Mittel aus 10 Messungen: Länge 58. Breite 38 Mik. Bei M. sanguinaria ist bekanntlich ferner der Grund des Apotheciums intensiv roth, durch einen in den engen Lücken des Hyphengeflechts in amorphen Massen abgelagerten, in Alkalien mit violettrother Farbe löslichen Farbestoff. Bei M. affinis fehlt dieser, das betreffende Gewebe ist sehr dicht und fast farblos. Die angegebene Zahl der Sporen im Ascus fand ich überall, wo es möglich war sie genau zu bestimmen, was allerdings wegen der Schwierigkeit, die Asci unversehrt zu isoliren, oft nicht gelingt.

Fig. 32—38. Ochrolechia pallescens Mass.

Fig. 32. Reife ejaculirte Spore.

Fig. 33. Anfang der Keimung. Profilansicht.

Fig. 34. a dasselbe Exemplar wie 33, mit Chlorzinkjod behandelt, etwas gedrückt. b Stück des Profils von demselben nach Sprengung und theilweiser Entleerung.

Fig. 35. Keimende Spore, 12—16 Stunden nach Aussaat. Profil und Oberfläche.

Fig. 36. Ebensolche, weiterentwickelt.

Fig. 37. Weitere Entwicklung der Keimschläuche (etwa 24 Stunden nach Aussaat). Profil. Die mit x bezeichneten Keimschläuche genau in Profilansicht.

Fig. 38. Etwa 36 Stunden nach Aussaat.

Zur Entwickelungsgeschichte des Polypodiaceensporangiums.

Von

Max Rees,

Stud. rer. nat.

(Mit Tafel XX—XXII).

Die Entwickelungsgeschichte des Sporangiums und der Spore der Polypodiaceen kann auch nach den neuesten Untersuchungen Fischer's v. Waldheim [1]) noch keineswegs als eine geschlossene Frage betrachtet werden. Die einschlägige Literatur [2]) ist ziemlich dürftig; eigentliche Specialarbeiten sind nur die von Schacht [3]) und Fischer v. Waldheim.

Die Beschreibung der Sporangienentwickelung bei Dicksonia tenera Presl, welche von Martius [4]) schon im J. 1833 gegeben, hat sonderbarer Weise weder bei Schacht, noch bei Fischer v. Waldheim Berücksichtigung gefunden, trotzdem sie die Hauptpunkte dieser Entwickelungsgeschichte nach dem damaligen Stande der Dinge durchaus correct darstellt.

Auch Presl [5]) zeichnet auf Taf. XI, A u. B. verschiedene Entwickelungszustände der Sporangien von Polystichum aculeatum Roth und Asplenium Trichomanes L.; daneben bildet er als muthmaassliche männliche Organe (Stamina), welche nur im jungen Sorus vorkom-

---

1) Alexander Fischer v. Waldheim, Ueber die Entwickelung der Farnsporen. Pringsh. Jahrb. IV, 3. S. 349—382.

2) Vergl. Fischer v. Waldheim a. a. O. S. 349 f.

3) Hermann Schacht, Beitrag zur Entwickelungsgeschichte des Sporangiums wie der Spore einiger Farnkräuter. Bot. Ztg. 1849, S. 537 ff.

4) v. Martius, Icones plantarum crytogamicarum Brasiliensium. Monachii 1828 bis 34, S. 98—101. tab. LXXII.

5) C. B. Presl, Tentamen Pteridographiae. Pragae 1836.

men sollen [1]), ganz jugendliche Sporangien ab; ausserdem unterscheidet er die Paraphysen (Pila) des Fruchthäufchens. Um den Auszug aus seinen hieher bezüglichen Angaben vollständig zu machen, führe ich noch an, dass er „den vom Ring entblössten, mit einigen Querspalten versehenen Theil“ der Wandung des reifenden Sporangiums (das Stomium?) mit grosser Wahrscheinlichkeit für ein Analogon der Narben erklärt (Stigmata) [2]).

Schacht's Arbeit ist eben so unvollständig, als unklar in der Darstellung; sie führt uns eine Reihe oft unvermittelter Beobachtungen vor, aus denen sie nicht recht wagt, die entsprechenden Schlüsse zu ziehen, indem sie jedem Leser überlässt, „sich seine Theorie selbst zu bilden“. Auch hat ihr Verfasser, wie aus seiner eigenen Aeusserung hervorgeht [3]), späterhin selbst einiges Misstrauen in seine Arbeit gesetzt. Auf das Detail seiner Angaben, die wohl alle auf die Entstehung sämmtlicher Sporangiumstheile durch freie Zellbildung hinauslaufen, komme ich theilweise später zurück.

Fischer v. Waldheim hat die Beschaffenheit der Spore, sowie ihre Entstehung aus der Sporenmutterzelle einer eingehenden Betrachtung unterzogen; die Frage nach der Entwickelung der Sporangiumswand und den, zur Bildung der Sporenmutterzellen nöthigen Vorgängen in der Centralzelle hat er, meines Erachtens, in keiner Weise genügend beantwortet. Abgesehen von manchen unrichtigen Angaben im Einzelnen, dürfte die Morphologie schon damit unzufrieden sein, dass er sich sogleich bei den ersten Theilungen des jungen Sporangiums ein halbes Dutzend Modificationen gefallen lässt. Wenn ein aus verhältnissmässig wenigen Zellen aufgebautes Organ zu einer so wichtigen physiologischen Function bestimmt ist, wie das Sporangium, so ist wohl jeder Zelle ihre bestimmte Aufgabe und jeder eintretenden Theilung ihre bestimmte Richtung vorgeschrieben, und wir haben allen Grund, ein ins kleinste Detail genaues Gesetz nicht nur für einzelne Arten und Gattungen, sondern als für die ganze Ordnung der Polypodiaceen gemeinschaftlich vorauszusetzen. Meine, unter Herrn Professor Nägeli's sorgfältiger Leitung ausgeführten Untersuchungen haben mir auch nur Bestätigungen dieser Auffassung ergeben.

1) a. a. O. pag. 16. 2) a. a. O. pag. 21.

3) Vergl. sein Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse, 1856, Bd. I S. 75: „Meine Untersuchungen über die Sporenbildung der Farnkräuter bedürfen einer Wiederholung, da ich vermuthen darf, mich hier geirrt zu haben.“

Stellung und Ursprung der Sporangien.

Die Fruchthäufchen der Farne stehen bezüglich ihrer Anordnung auf der Lamina in genauester Beziehung zum Verlaufe und der Verzweigung der Gefässbündel, denen gegenüber sie in zahlreichen Variationen stets eine dorsale, terminale, alare oder laterale Stellung einnehmen. Ich habe hier diese Wechselbeziehung nur zu constatiren, und kann über das Einzelne auf Mettenius' ausführliche Darstellung dieser Verhältnisse hinweisen [1]). Da ich mir weder die Entwickelungsgeschichte des Sorus, noch die des Indusiums zur Aufgabe gesetzt hatte, mache ich, den von Presl [2]) aufgestellten und von Mettenius festgehaltenen [3]) Unterschied zwischen ächtem und falschem Indusium adoptirend, nur darauf aufmerksam, dass ich Ursprung und Entwickelung des Sporangiums vom Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Indusiums niemals abhängig fand.

Seiner morphologischen Bedeutung nach ist das Sporangium eine weiter entwickelte Epidermiszelle (Trichom Nägeli's). Als solche hat dasselbe zuerst Schacht [4]) bei Asplenium Petrarcae DC., Pteris serrulata L. und Scolopendrium officinarum Sw. aufgefasst, Fischer v. Waldheim hat die gleiche Ansicht an Polypodium sporodocarpum W. gewonnen, und begnügt sich sodann mit der Angabe, dass er auch bei andern, auf diese Frage nicht speciell untersuchten Farnen nichts gefunden habe, was ihm die Ueberzeugung einer andern Entstehung des Sporangiums hätte aufdrängen können [5]). Das gleiche Resultat ergaben mir Beobachtungen an Indusiaten und Exindusiaten, an Farnen mit veränderter und unveränderter fruchttragender Lamina.

Eine, und zwar in der mir bekannten neueren Literatur die einzige, möglicherweise meiner Darstellung widersprechende Angabe, die ich der Vollständigkeit halber nicht übergehen kann, findet sich in Fée's „Genera filicum" pag. 231: Fée stellt eine neue Gattung — Cryptosorus — aus Arten von Polypodium zusammen, die er auf „Sporangia immersa, subcuticularia" begründet. Zur Erläuterung sagt er Folgendes: „Ce genre, dont nous ne connaissons que deux espèces, a le port des polypodium pectinés et les sporothèces occu-

1) G. Mettenius, Filices horti botanici Lipsiensis. Leipzig 1856, pag. 10—12.

2) Presl a. a. O. pag. 22—25.

3) Mettenius a. a. O. S. 12.

4) Schacht a. a. O. S. 538 u. 557. Fig. 1—3.

5) a. a. O. 351 Anm. 3.

pent aussi le sommet de nervilles simples. Le caractère distinctif qui motive la formation d'un genre, se déduit de la situation des sporanges, naissant au dessous de la cuticule inférieure pour se mettre en rapport avec la lumière; ils la fendillent, et il en résulte une ouverture béante à peu près ellipsoïde et à marges epaissies. Les groupes que forment les sporanges sont épars, distants, peu nombreux, situés principalement vers le sommet des lobules. Dans le C. Dionaea, l'ouverture du méat est borné de cils convergents, et qui se ferment à la manière des poils de la feuille du Dionaea muscipula L. — Quelques polypodium ont des sporanges logés dans une depression de la lame, mais c'est une fausse immersion, car ils sont superficiels et non souscuticulaires." — Mettenius, der die hier als Cryptosorus ausgeschiedenen zwei Arten mit Polypodium wieder vereinigt, bezeichnet die Angabe Fée's, dass die Sporangien bei diesen Arten die Epidermis durchbrechen, als irrig [1]). Da mir zur eigenen Untersuchung dieser Frage das Material fehlt, so muss ich mich mit der Mettenius'schen Berichtigung einfach zufrieden geben und kann somit in Fée's citirter Angabe einen genügend begründeten Widerspruch gegen die Annahme, dass das Sporangium überall aus einer Epidermiszelle entstehe, nicht anerkennen.

Die älteren, dieser Auffassung widersprechenden Angaben Link's über den Ursprung und die morphologische Bedeutung, sowie die Ansichten Lindley's und Bischoff's über die Bildung des Farnsporangiums sind schon im J. 1837 von v. Mohl hinreichend widerlegt worden [2]). Die vorliegenden Untersuchungen unterstützen, zumal bezüglich der Bildung des Ringes, Mohl's Widerlegung.

Bei Polypodium aureum L., einem für diese Untersuchungen sehr geeigneten Farn, zeigen die Epidermiszellen des Sorus eine wesentliche Verschiedenheit von den sie umgebenden gewöhnlichen Epidermiszellen. Ihr Querschnitt ist ziemlich regelmässig quadratisch, von geraden Wänden umschlossen, ihre Oberfläche fast genau viermal kleiner, als die der übrigen Oberhautzellen; Erscheinungen, die ihre Erklärung am besten in der Annahme finden, dass die ursprünglichen Epidermiszellen des Sorus noch eine zweimalige Theilung durch verticale, sich im rechten Winkel kreuzende Wände eingehen, nach-

1) G. Mettenius, Ueber einige Farngattungen, I. Polypodium, S. 15 (Separatabdr. aus den Abh. d. Senkenb. naturf. Ges. II. Bd. 1857).

2) v. Mohl, Verm. Schriften bot. Inhalts. Tübingen 1845, S. 98—102. — Vergl. auch v. Martius a. a. O. S. 99. Taf. LXXII.

dem in den, ihnen sonst gleichwerthigen, übrigen Zellen der Epidermis die Theilung aufgehört hat.

Aehnlich verhalten sich die Oberhautzellen des Receptaculums bei Pteris hastata Sw., wo auf dem Querschnitt durch die fruchtbare Lamina der Querdurchmesser der sporangiumbildenden Epidermiszellen halb so viel beträgt, als bei den angrenzenden gewöhnlichen Oberhautzellen, so dass sich auch hier eine weitere Theilung durch vertikale, auf einander rechtwinkelig stehende Wände voraussetzen lässt (XXI, 2[1])). Die Entwickelung des Sporangiums aus der Epidermiszelle habe ich noch beobachtet bei Ceratodactylis osmundoides. J. Sm., Adiantum assimile Sw., Aspidium trifoliatum Sw. und Nephrolepis exaltata Schott. Bei diesen Farnen ist die Blosslegung der Epidermiszellen des jungen Sorus weit schwieriger, weshalb ich die an Polypodium aureum und Pteris hastata constatirten Verhältnisse hier nicht untersuchen konnte; ich zweifle aber nicht, dass, die Richtigkeit meiner Auffassung bei den zwei genannten Farnen vorausgesetzt, das gleiche Gesetz auf die Polypodiaceen im Allgemeinen ausgedehnt werden darf. Es wäre sodann die sporangiumbildende Epidermiszelle eine Zelle der $n+2^{ten}$ Generation, wenn ich die ursprüngliche, der gewöhnlichen entsprechende, Epidermiszelle als Zelle der n^{ten} Generation bezeichne.

Entwickelung des Sporangiums[2]).

Die eigentliche Entwickelung des Sporangiums habe ich an Polypodium aureum L. und P. areolatum W., Ceratodactylis osmundoides J. Sm., Adiantum assimile Sw., Pteris hastata Sw., Blechnum brasiliense Desv. und Blechnum occidentale L., Aspidium trifoliatum Sw., Nephrolepis exaltata Schott. und Onoclea struthiopteris Sw. studirt und die wesentlichen Erscheinungen bei allen untersuchten Formen übereinstimmend gefunden; als für die Untersuchung sehr geeignet kann ich Blechnum occidentale, Nephrolepis exaltata und Polypodium aureum (für die Bildung der Sporangiumswand), ferner Aspidium trifoliatum (für die Entwickelungsvorgänge in der Innenzelle) empfeh-

1) Die römischen Zahlen bezeichnen die Tafel, die arabischen die Figur.

2) Bei der folgenden Darstellung habe ich ausschliesslich auf die Theilungsrichtung und die Entstehungsfolge der Wände Rücksicht genommen; das Wesen der Zelltheilung mag man an minder complicirten Objecten untersuchen. Deshalb hielt ich es auch für überflüssig, zahlreiche mikrochemische Reactionen anzustellen und aufzuführen.

len. — Blechnum occidentale zeigt wohl die stärksten Wandcontouren, Aspidium trifoliatum den geringsten Gehalt an dem sonst äusserst störenden Chlorophyll.

Das erste Entwickelungsstadium des jungen Sporangiums erscheint als eine anfangs sehr zarte, bald deutlich doppelt contourirte, halbkugelige Ausbauchung der Epidermiszelle (XXI, 3), die zunächst durch eine horizontale Querwand von der Ursprungszelle sich abgrenzt (XXI, 4). Dieser Querwand folgt eine zweite, parallel über der ersten verlaufende, welche das junge Sporangium in Stiel- und Scheitelzelle trennt; ich nenne sie Basalwand des Sporangiums (XXI, 5)[1]).

Der Stiel des Sporangiums wächst durch intercalare Quertheilungen in die Länge; verticale Wände theilen ihn — nach den Arten verschieden — in zwei (Nephrolepis exaltata u. a.), häufiger in drei Zellreihen; in letzterem Falle (Polypodium aureum, Blechnum occidentale u. a.) treffen die Längswände in Winkeln von 120° aneinander (XXI, 10). Bei einzelnen Formen entspringen aus einer oder zwei Zellen des Stiels seitliche Paraphysen, so bei Aspidium trifoliatum Sw. und A. remotum ABr., Ceratodactylis osmundoides u. a. — Getüpfelte innere Wandungen der Stielzellen, wie sie Mettenius (Farngattungen II. Plagiogyria; Senkenb. Abh. II. 1858) für die Cyatheaceengattung Plagiogyria beschreibt, habe ich bei keiner der untersuchten Polypodiaceen beobachtet.

Bevor ich auf die Theilungsvorgänge in der Scheitelzelle eingehe, muss ich die Entwickelung der Paraphysen kurz berühren. Ihr jüngstes Stadium lässt sie von zukünftigen Sporangien morphologisch nicht unterscheiden; trotzdem darf man wohl einen physiologischen Unterschied schon bei der ersten Anlage voraussetzen. (Dass sie nicht etwa schon im frühesten Zustande abortirte Sporangien sind, beweist die Regelmässigkeit ihres Vorkommens und Fehlens[2]).)

Bei Polypodium aureum lässt sich vielleicht auch ein morpho-

---

1) Von diesen zwei Querwänden hat offenbar Fischer v. Waldheim eine übersehen, da er sogleich nach Bildung der ersten Wand eine Trennung in Stiel- und Scheitelzelle annimmt. Schnitte, welche das junge Sporangium im Zusammenhang mit seiner Ursprungszelle zeigen, beweisen die Existenz beider Wände, und die verschiedene Stärke der Membran lässt in der obern die jüngere erkennen (vergl. a. a. O. S. 352).

2) Vergl. darüber, sowie über ihre Bedeutung für die Systematik: Mettenius, Farngattungen I. Polypodium S. 16. — Indusium als Ersatz der Paraphysen: ebenda III. Pteris, S. 4.

logischer Unterschied schon im ersten Entwickelungsstadium hervorheben: die erste Querwand, welche beim Sporangium stets horizontal und etwa in gleicher Ebene mit der Cuticula verläuft, bildet sich bei der Paraphyse noch innerhalb der Epidermiszelle und verläuft schief (XXI, 6. 6a); da ich aber bei andern Farnen diesen Unterschied nicht beobachtete, so wage ich auch nicht, ihm eine wesentliche Bedeutung beizulegen. Die Paraphyse wächst sehr rasch in die Länge und theilt sich nur durch wenige Querwände; die Bildung seitlicher Paraphysen am Stiel des Sporangiums habe ich schon erwähnt.

Ich gehe zu den Entwickelungsvorgängen in der Scheitelzelle über, indem ich meine Darstellung speciell auf Polypodium aureum, Aspidium trifoliatum, Nephrolepis exaltata und Blechnum occidentale gründe. In Taf. XX, 1—3 habe ich die Reihenfolge der Theilungen in den Wandzellen des Sporangiums für Blechnum occidentale und Polypodium aureum schematisch so dargestellt, wie sich bei langsamer Drehung des Sporangiums um seine Längsaxe die Wände und deren Ansatzlinien nacheinander zeigen. Zur Beruhigung für alle Diejenigen, welche jede schematische Zeichnung mit Misstrauen betrachten, erlaube ich mir zu versichern, dass ich für jedes der Schemata mehrere vollständige, durchaus übereinstimmende Aufnahmen an verschiedenen Objecten gemacht, dass ich ferner das Object nicht nur einmal, sondern wiederholt um seine Längsaxe gedreht habe, um die Richtigkeit der Zeichnung zu controliren, dass endlich die weiteren, mit der Camera lucida entworfenen, und mittelst Durchzeichnens in die richtige Lage gebrachten Abbildungen die Schemata aufs Genaueste bestätigen, Ein weiteres Schema (XX, 4) gibt die, der Fig. XX, 3 entsprechende, Ansicht von oben. Ich war lange Zeit im Zweifel, ob ich bei der folgenden Darstellung die einzelnen Wände, oder die von denselben umgrenzten Zellen mit bestimmten Buchstaben bezeichnen sollte. Für die Betrachtung des fertigen Gebildes wäre es unstreitig anschaulicher und theoretisch richtiger gewesen, die einzelnen Zellen ins Auge zu fassen; für die Verfolgung der Bildungsgeschichte schien es mir bezeichnender, die nacheinander auftretenden Wände hervorzuheben. — Für die sprachliche Darstellung ist die eine Bezeichnung ohnedies ebenso langweilig und umständlich, als die andere, und zur Versinnlichung der Vorgänge müssen die Zeichnungen das Meiste beitragen.

Zunächst entsteht in der Scheitelzelle, ein Drittel von der Peripherie der Basalwand abgrenzend, gegen letztere und nach aussen

um etwa 60° geneigt[1]), die erste Seitenwand (I) (XX, 1 XXI, 7); an dieselbe setzt sich, meistens rechts, seltener links[2]), unter dem gleichen Neigungswinkel, aber mit ihrem obern Ansatz höher hinaufreichend, deshalb nach oben einen grösseren Raum abgrenzend, eine zweite (II) (vergl. XX, 1; XXI, 8. 17), und zwischen beide, unter den gleichen Verhältnissen wie die zweite, eine dritte Seitenwand (III) an (vergl. XX, 1; XXI, 9. 18). Eine nach oben gebogene, in Folge des niedrigeren Ansatzes von I etwas schief liegende Deckenwand (IV) verbindet alsbald die obern Ansätze der drei Seitenwände (XXI, 11. 12). Nach Abschluss dieser Theilungen umgeben also drei Seitenwandzellen und eine ihnen gleichwerthige Deckenwandzelle die, einem tetraëdrischen Kugelausschnitt vergleichbare Innenzelle. Indem ich die Theilungsvorgänge in der letzteren zunächst unberührt lasse, verfolge ich zuerst die Weiterentwickelung der

Wandzellen des Sporangiums.

Die drei Seitenwandzellen I^{ten} Grades theilen sich gleichmässig durch je eine verticale Wand (${}_{\text{I}}$v, ${}_{\text{II}}$v, ${}_{\text{III}}$v) in je zwei gleichgrosse Seitenwandzellen II^{ten} Grades; zwischen die verticalen und die seitlichen Ansätze der Wände I, II, III treten, der Basalwand parallel, und rings um das Sporangium ungefähr in der gleichen Ebene liegend, im Ganzen 6 horizontale Wände (h) auf, jede Seitenwandzelle II^{ten} Grades in zwei Seitenwandzellen II^{ten} Grades II^{ter} Generation theilend (XX, 2; XXI, 13. 15—19). Die Bildung dieser horizontalen Wände beginnt in der III^{ten} und endigt in der I^{ten} Seitenwandzelle I^{ten} Grades, wo sie oft verhältnissmässig spät erst eintritt.

In der, im Grundriss dreiseitigen, Deckenwandzelle tritt die, der verticalen Seitenwandzelle entsprechende Wand (${}_{\text{IV}}$v) zwischen dem Scheitel des Sporangiums und dem obern Ansatz der Seitenwand I,

1) Die ursprünglichen Ansatzwinkel verziehen sich natürlich durch jeden Ansatz einer neuen Wand an die, ihre Schenkel bildenden, ersten Seitenwände.

2) Die Richtung nach rechts und links im Sinne der Mechanik, nicht der Botanik, genommen. Da die Rechtsdrehung weitaus der häufigere Fall ist, so beziehe ich mich in der folgenden Darstellung und den Zeichnungen stets auf solche Sporangien, an denen die Theilung von links nach rechts fortschritt; im umgekehrten Falle bleiben alle Einzelnheiten völlig gleich und nur bei der Ringanlage ändern sich die Verhältnisse insofern, als z. B. das aus einem Viertel der ursprünglichen III. Seitenwandzelle hervorgegangene Stomium statt links, rechts an die erste Seitenwandzelle angrenzt u. s. w. Innerhalb der ursprünglichen vier Wandzellen bleiben die Theilungen die gleichen, nur müssen die Ausdrücke „links“ und „rechts“ gegenseitig vertauscht werden.

dem letzteren ziemlich parallel, somit an Wand II und III sich ansetzend, auf (XX, 4; XXI, 12. 12a. 16. 19); senkrecht auf ihrer **Mitte**, den Wänden ${}_{I}h$, ${}_{II}h$, ${}_{III}h$ der Seitenwandzellen gleichwerthig, erscheint je eine Verbindungswand ${}_{IV}h$ zwischen ${}_{IV}v$ und I einerseits, zwischen ${}_{IV}v$ und II andererseits (XX, 4; XXI, 12a. 13). Die Verbindungswand zwischen ${}_{IV}v$ und II — also die grössere ${}_{IV}h$ — ist die zuerst erscheinende. — Nun ist auch die ursprüngliche Deckenwandzelle in vier Deckenwandzellen II^{ten} Grades II^{ter} Generation getheilt, und somit die Innenzelle von zusammen 16 unter sich gleichwerthigen Wandzellen umschlossen.

Die aus der ersten Seitenwandzelle I^{ten} Grades hervorgegangenen vier Zellen theilen sich nicht weiter; später werden sie, durch das Wachsthum des Ringes, in der Richtung der Sporangiumsaxe, bezw. der ersten verticalen Wand, schmalgedrückt und in die Länge gezogen (XXII, 2).

In den aus der II^{ten} und III^{ten} Seitenwandzelle I^{ten} Grades, sowie aus der ursprünglichen Deckenzelle entstandenen Zellcomplexen beginnt die Anlage des Ringes durch das Auftreten folgender Wände:

Vom obern Ansatz der verticalen Wand ${}_{II}v$ zum entsprechenden Ansatz der ${}_{III}v$ bilden sich zwei, der Wand ${}_{IV}v$ parallele, auf der grössern ${}_{IV}h$ zusammentreffende Wände ${}_{IV}v'$ in der Weise, dass der Scheitel des Sporangiums genau in die Mitte zwischen ${}_{IV}v$ und die beiden ${}_{IV}v'$ fällt (XX, 4; XXI, 13E. 15); zugleich tritt zwischen ${}_{IV}v$ und dem obern Ansatz von Wand I, rechts und links von der kleinern ${}_{IV}h$, je eine Wand ${}_{IV}h'$ auf (XX, 4; XXI, 13A u. E; XXII, 2). Endlich zieht sich noch vom obern Ansatz der Wand III eine Wand ${}_{IV}v''$ auf die Mitte der grösseren ${}_{IV}h$ (vergl. XX, 4; XXII, 3).

In dem aus der II^{ten} Seitenwandzelle I^{ten} Grades hervorgegangenen Complex tritt links von der verticalen ${}_{II}v$, ziemlich nahe dem rechten seitlichen Ansatz von Wand I, zwischen ${}_{II}h$ u. II, gerade unter dem Ansatz von ${}_{IV}v$ an II sich ansetzend, eine etwas geneigte Wand ${}_{II}v'$ auf; auch rechts von ${}_{II}v$, ziemlich in der Mitte zwischen ${}_{II}v$ und dem rechten seitlichen Ansatz von II stellt sich auf die horizontale ${}_{II}h$ eine Wand ${}_{II}v'$. Zwischen dem rechten Ansatze von Wand I und der Wand ${}_{II}v$ tritt, unter der horizontalen ${}_{II}h$ und derselben parallel, eine secundäre Horizontalwand ${}_{II}h'$ auf (XX, 3; XXI, 13. 15; XXII, 1).

Ganz diesen Theilungen entsprechend sind die Theilungsvorgänge im Complex der ursprünglichen III^{ten} Wandzelle I^{ten} Grades; nur mit

dem Unterschied, den die andere Lage des III^{ten} Complexes gegenüber dem I^{ten} mit sich bringt (XX, 3; XXI, 13 C).

Durch die correspondirenden Theilungen in dem II^{ten} und III^{ten} Complexe und in der ursprünglichen Deckenzelle ist die Anlage des Ringes vollendet; dieselbe wird begrenzt von der untern Hälfte des rechten seitlichen Ansatzes von Wand I, der links gelegenen $_{II}v'$, der $_{IV}v$, der rechts gelegenen $_{III}v'$ und der untern Hälfte des linken seitlichen Ansatzes von Wand I einerseits, von der $_{II}v$, den beiden $_{IV}v'$ und der $_{III}v$ andererseits. Der eigentliche Ring geht nur bis zum obern Ansatz der Wand III, wo sich das Stomium anreiht. Letzteres bildet sich aus derjenigen Partie der Ringanlage, welche innerhalb des III^{ten} Complexes zwischen $_{III}h$ und dem obern Ansatz der Wand III sich befindet (XX, 3; XXII, 2. 3).

Die Zellen des Ringes und des Stomiums theilen sich zunächst durch die, zum Gesammtmittelpunkt des Sporangiums radialen, zum Verlaufe des Ringes senkrechten Wände h″ und bleiben in gleicher Richtung noch so lange theilungsfähig, bis die, für die Arten constante, volle Zahl der Ringzellen gebildet ist; zugleich verdicken sie ihre Wände und heben sich gleichmässig vom Sacculus ab, zwischen dessen Zellen sie anfänglich etwas unregelmässig eingeschoben erscheinen. In den übrigen, den Sacculus bildenden, Wandzellen findet in der Regel keine, jedenfalls keine wesentliche Theilung mehr statt. Zugleich mit dem Wachsthum des Ringes und der Ausdehnung der Innenzellen werden sämmtliche Wandzellen, zumal die zwischen der Ringgrenze $_{IV}v$ und dem obern Ansatz der Wand I gelegenen, durch die Wände $_{IV}h$ und $_{IV}h'$ entstandenen Zellen in der Richtung der Sporangiumsaxe bedeutend verzogen; nichtsdestoweniger bleiben sämmtliche wesentliche Theilungswände auch am reifen Sporangium noch unterscheidbar (XXII, 2. 3).

Bevor ich zu den Entwickelungsvorgängen in der Innenzelle übergehe, muss ich einige irrthümliche Angaben Schacht's und Fischer's v. Waldheim berichtigen.

Was zunächst die Entwickelung des Sporangiumstiels anbelangt, so lässt Schacht dem Stiel überhaupt nur zwei Zellreihen; nach meinen Beobachtungen sind drei Zellreihen entschieden häufiger. Die Entscheidung, ob zwei, oder drei vorhanden sind, lässt sich am besten durch Drehung des Präparates geben; ein zweireihiger Stiel darf, um 90° gedreht, bei der gleichen Einstellung nur eine Zellreihe zeigen. (Auch Schott [genera filicum 1834, Heft II u. III] zeichnet für Polystichum und Meniscium drei Zellreihen; vergl. auch

v. Martius a. a. O. tab. XXVI.) — Da auch den ersten Theilungen in der Scheitelzelle ausnahmslos ein dreizähliges Schema zu Grunde liegt, und beim Vorhandensein von drei Stielzellreihen die 3 ersten Seitenwände der Scheitelzelle mit den Längsscheidewänden des Stiels auf der Basalwand zusammentreffen, so deutet auch dieser Umstand darauf, dass das Vorhandensein dreier Stielzellreihen eigentliche Regel ist. — Unbegreiflich ist mir Schacht's Angabe, die Scheitelzelle, bezw. die Kapsel, sei der Regel nach jünger, als der Stiel (a. a. O. 513 u. 557); zwei ursprünglich und gleichzeitig aus einer und derselben Mutterzelle durch Theilung hervorgegangene Zellcomplexe können doch unmöglich verschiedenen Alters sein. Das Verhältniss des Stielwachsthums zur Ausbildung der Kapsel ist übrigens sehr verschieden: sehr rasch entwickelt sich der Stiel bei Aspidium trifoliatum, Nephrolepis exaltata u. a.; verhältnissmässig langsam bei Pteris hastata, Polypodium aureum und Adiantum assimile.

Bei den ersten Theilungen in der Scheitelzelle hat sich Fischer v. Waldheim jedenfalls bedeutend gestossen. Ich übergehe seine Ausführungen über den Zellinhalt (S. 352 f.) und halte mich lediglich an die Richtung der Theilungswände. Unrichtig ist zunächst, dass schon durch die allerersten Theilungen der Ring angelegt werde (a. a. O. 353), und auf falscher Auffassung des Gesehenen beruhen die Angaben über deren Richtung.

Angenommen Fischer's v. Waldheim 2—6 „Linien“ (Taf. XXV, 1. 2; XXVI, 3—5 a. a. O.) seien Wände, so entstände durch solche Theilungen, wie sie S. 353 f. beschrieben sind, eine von einem verticalen Zellring umgebene Kapsel, deren nicht zum Ring gehörige Wandpartie (Sacculus) nicht aus einer Zellschichte, sondern lediglich aus einer Membran bestände, und die Centralzelle wäre auf dem Querschnitt rechts und links von je einer Ringzelle, vorn und hinten von einer einfachen Membran begrenzt; da aber Fischer v. Waldheim späterhin selbst von den übrigen Wandzellen spricht, so kann ihm mit einer solchen Voraussetzung keinenfalls Ernst gewesen sein.

Da sich der Ring in der von Fischer v. W. beschriebenen Weise leicht construirt, so findet der Verf. wenig Interesse daran, die ferneren Theilungen der Wandzellen auseinanderzusetzen, indem dieselben ohnedies sehr regellos seien. Ich glaube für diese angeblich regellosen Theilungen im Vorstehenden einen genauen Plan angegeben zu haben, von welchem unwesentliche Abweichungen bezüglich der Bildung einer secundären oder tertiären Vertical- oder Hori-

zontalwand allerdings vorkommen können, und bei verschiedenen Formen sogar wahrscheinlich vorkommen; dergleichen unbedeutende Variationen ändern aber die Regel noch lange nicht. Ueberdies muss ich nochmals darauf aufmerksam machen, dass ich bei den, aus fast allen Unterabtheilungen der Polypodiaceen zusammengeholten, Gattungen Blechnum, Aspidium, Nephrolepis und Polypodium den Bauplan des Sporangiums absolut übereinstimmend gefunden habe, und keine Form einer andern Gattung hervorheben kann, für welche ich einen andern Entwickelungsplan vermuthen müsste[1]).

Entwickelung der Innenzelle.

Sowohl Schacht als Fischer v. Waldheim kennen nur eine Schichte von Wandzellen des Sporangiums, von welcher unmittelbar die Centralzelle, die Urmutterzelle der Sporen umschlossen sein soll. Nun haben aber die ersten Theilungen der von den Wänden I, II, III, IV umgrenzten Innenzelle keinen andern Zweck, als den, eine zweite, innere, Schichte von Wandzellen zu bilden. Parallel den genannten vier Wänden und in gleicher Entstehungsfolge, erscheinen vier dreiseitige Wände I′, II′, III′, IV′ und theilen die Innenzelle in vier Wandzellen der zweiten Schichte und eine tetraëdrische Centralzelle, die eigentliche Urmutterzelle der Sporen (XXII, 5. 6). Von den drei seitlichen, eben beschriebenen Wänden ist natürlich bei den meisten Einstellungen immer nur eine deutlich sichtbar; durch Aenderung der Einstellung und Drehung des Objectes lassen sich alle drei mit Ursprung und Ansatz nachweisen, und der optische

1) Fischer v. Waldheim (a. a. O. 363 f.) klagt noch über die rasch verändernde Einwirkung des Wassers auf das Protoplasma der jungen Sporangien und warnt vor Täuschungen durch solche abnorme Plasmacoagulationen; sehr verdünnte Gummilösung von einem Concentrationsgrade, welcher dem des Zellsaftes ungefähr entspricht, leistet hier wesentlich bessere Dienste, als Wasser. Wenn es sich aber nur darum handelt, die Reihenfolge und Richtung einer Anzahl von Zelltheilungen kennen zu lernen, so haben diese Coagulationen, die man ja überdies in ihrer Entstehung verfolgen kann, wenig Störendes; im Gegentheil treten die Wände schärfer hervor, und die Präparate werden durch mässige Wassereinwirkung keineswegs unbrauchbar; auch recht vorsichtige Anwendung von Glycerin kann zur Aufhellung des Objectes von Nutzen sein.

Gelegenheitlich sei hier noch erwähnt, dass die Wandzellen des Sporangiums von Nephrolepis exaltata in sehr exquisiter Weise ein, im Verhältniss zur Membran und zum Kern wasserärmeres, stärker lichtbrechendes Protoplasma zeigen. Der Kern liegt im Mittelpunkt der Zelle, von einer Anzahl (6—9) Plasmaklumpen umgeben, und die von wässerigem Zellsaft erfüllten Spalten zwischen den Plasmaklumpen machen fast den gleichen Lichteindruck, wie die äusserst wasserreiche Membran. Eine verändernde Einwirkung des Wassers kömmt bei dieser Erscheinung nicht ins Spiel.

Längsschnitt zeigt je zwei der seitlichen und die obere (IV′) sehr deutlich.

Jede Zelle der zweiten Wandschichte wird durch annähernd unter den ersten Theilungswänden v und h der äusseren Wandzellen verlaufende Wände (V u. H) in vier Zellen getheilt (XXII, 7. 8), so dass auf dem Längs- und Querschnitt die Centralzelle von sechs innern Wandzellen umgeben erscheint. Tangentiale, zwischen den Grenzen der Centralzelle und der äusseren Wandzellen verlaufende Wände (t) theilen alsbald jede dieser Zellen in zwei, und die Centralzelle ist alsdann von drei Schichten von Wandzellen umschlossen (XXII, 9); — die Bildung der tangentialen Theilungswände tritt in der Regel zu gleicher Zeit mit den ersten Theilungen der Centralzelle ein. Wenn auch manche Präparate eher eine weitere Theilung der Centralzelle durch tangentiale Wände, als die eben beschriebene Theilung der zweiten Wandzellenschichte in eine innere und äussere wahrscheinlich zu machen scheinen, so entscheiden doch Entwickelungszustände, wie Taf. XXII, 9, unbedingt für die tangentiale Theilung der inneren Wandzellen.

Die Ausbildung der Sporenmutterzellen in der Centralzelle hat die Resorption der beiden inneren Wandschichten zur Folge, von denen die letzte oft erst dann aufgelöst wird, wenn in den Sporenmutterzellen die Sporen schon angelegt sind. Uebrigens tritt selbstverständlich die Resorption nicht durchaus gleichzeitig bei allen Zellen einer Schichte ein.

Aus der Auflösung der inneren Wandzellenschichten, nicht aus dem, bei der Bildung der Sporenmutterzelle übrig gebliebenen Protoplasma der Centralzelle, stammt das Epiplasma[1]).

Fischer von Waldheim lässt die Sporenmutterzellen durch

1) Ich schreibe Fischer v. Waldheim den Ausdruck „Epiplasma" nach, obwohl derselbe, nach der gegebenen Erläuterung, gegenüber der Bedeutung, in welcher er von de Bary (Hofmeisters Handbuch der physiol. Bot. II 105 ff.) bereits angewandt worden ist, für das Protoplasma der resorbirten Wandzellen im Sporangium nicht wohl passen will. Stammte dieses Protoplasma, wie Fischer v. Waldheim meint, aus der Centralzelle als Rückstand von freier Zellbildung, so wäre allerdings die Analogie mit de Bary's Epiplasma ganz berechtigt.

Unter den Literaturnachweisungen habe ich versäumt, einige Ausführungen Gasparrini's zu citiren, die übrigens kaum Erwähnenswerthes enthalten. Vgl. G. Gasparrini, Memorie botaniche, Napoli 1863. Osservazioni sopra talune Modificazioni organiche in alcune cellule vegetali. Mem. estr. dal. Vol. I. degl. att. dell. R. Acc. d. S. Fis. e. Mat. p. 61. Tav. VII, 9—17.

freie Zellbildung entstehen[1]); demnach ist es erklärlich, wenn er das Epiplasma als aus demjenigen, Protoplasma hervorgegangen bezeichnet, welches im Sporangium zwischen den Mutterzellen übrig blieb. Da aber, wie unten gezeigt werden soll, die Sporenmutterzellen durch Theilung der Centralzelle entstehen, so kann bei deren Bildung kein Protoplasma unverbraucht bleiben.

Nie treten die von Fischer v. Waldheim beschriebenen Erscheinungen des Epiplasma ein, so lange nicht wenigstens eine der inneren Wandzellenschichten aufgelöst ist; sehr auffallend werden dieselben erst nach Resorption beider Schichten. Das Aufquellen in Wasser, die Protoplasmafäden u. s. w. (vergl. a. a. O. 367 ff.) sind allerdings auf den ersten Blick auffallende Erscheinungen, aber die Anwendung einer dichteren Untersuchungsflüssigkeit, z. B. einer sehr verdünnten Mischung von Glycerin und Wasser, reducirt sie so ziemlich auf Null. Ein geschichtetes Ansehen habe ich dem Epiplasma niemals abgewinnen können, und die in Fig. 9, Taf. XXIV bei Fischer v. W. gezeichneten doppelten Contouren erlaube ich mir auf die, in diesem Zustande noch vorhandene, zweite Wandschichte zu beziehen (vergl. auch XXII, 10). Dass übrigens die äusserste Schichte des Epiplasma's, ähnlich wie eine Membran, sich ausdehnen und zusammenziehen, und Plasmafäden bilden kann, ist nach den Erscheinungen, die uns jedes Protoplasma in minder dichter Untersuchungsflüssigkeit bietet, keineswegs eine auffallende Sache.

Durch welcherlei mikrochemische Reactionen will Fischer von Waldheim quantitativ nachweisen, dass das Epiplasma ärmer an Stickstoff und reicher an Kohlenhydraten ist, als das Protoplasma der Sporenmutterzellen? Bestimmte Reactionen werden nicht angeführt, und wenn deren angeführt würden, so hielte ich es für bedenklich, aus der Intensität einer Färbung Schlüsse zu ziehen, wenn die zu vergleichenden Substanzen einerseits einen dichten Klumpen, wie der Complex der Sporenmutterzellen, andererseits eine dünne, den ersteren überziehende Schichte bilden, wie das Epiplasma. Mir hat weder die Reaction mit Zucker und Schwefelsäure, noch das Millon'sche Reagens für Fischer's v. Waldheim Angaben beweisende Resultate ergeben. (Dagegen wird durch Anwendung des Millon'schen Reagens indirect ein Beweis dafür geliefert, dass das Epiplasma sich keineswegs wie eine Membran verhält: die wirklichen Membranen

1) Oder durch freie Zellbildung, abwechselnd mit Zelltheilung? Ich muss gestehen, dass ich aus dem a. a. O. S. 362 Gesagten nicht recht klar werden kann.

treten durch Quellung sehr scharf hervor, am Epiplasma lässt sich nichts derartiges bemerken.)

Der ganze Entwickelungsplan des Sporangiums, so weit ich denselben bis jetzt dargestellt habe (also bis zur Bildung der Sporenmutterzellen), lässt sich, unter modificirter Anwendung der von Nägeli vorgeschlagenen Terminologie[1]) in folgender Weise resumiren:

Ich bezeichne mit:

Sch = Scheitelzelle.
I = Innenzelle.
S = Wandzelle der ersten Schichte.
R = Ringzelle.
W = Wandzelle der II^ten und III^ten Schichte.
X^n = Zelle des n^ten Grades.
${}_nX$ = „ der „ Ordnung.
${}^nX$ = „ „ „ Generation.

Die Theilung der Scheitelzelle erfolgt nach folgender Formel[2]):

$$Sch = I^1 + {}_1S^1 + {}_2S^1 + {}_3S^1 + {}_4S^1.$$
$$S^1 = 4\ {}^2S^2.$$
$${}_2S^1 = {}_3S^1 = {}^2S^2 + 6\ {}^3S^2.$$
$${}_4S^1 = 7\ {}^3S^2 + 2\ {}^4S^2.$$

Zur Ringanlage gehören:

je 3 ${}^3S^2$ von ${}_2S^1$ und ${}_3S^1$,
2 ${}^3S^2$ „ ${}_4S^1$.

Setzt man jedes dieser 8 ${}^3S^2 = R$, so wird die Quertheilung der Ring- und Stomiumanlage ausgedrückt durch die Formel:

$$R = {}^{n-1}R \times n.$$

(Da man die ersten Ringzellen gegenüber den übrigen Zellen ${}^3S^2$ nicht als Zellen eigener Art ansprechen kann, so darf man auch keine besondere Gradbezeichnung für dieselben einführen.)

Die Innenzelle theilt sich nach den Formeln:

$$I^1 = I^2 + 4\ W^1$$
$$W^1 = 4\ {}^2W^2$$
$${}^2W^2 = {}^3W^2 + {}^3W^2.$$

I^2 = Urmutterzellen der Sporen.

---

1) Vergl. Nägeli — Schleidens Zeitschr. f. w. Bot. II, 123; Nägeli, Beiträge zur wissenschaftl. Botanik II, S. 17 und L. Kny, Zur Entwickelungsgeschichte der laubigen Lebermoose (Pringsh. Jahrb. IV. 1. S. 97).

2) In diesem Schema ist die erste Formel eigentlich unrichtig und sollte streng genommen in 4 Einzelnformeln aufgelöst werden; mit Rücksicht auf das Endergebniss der vier ersten Theilungen glaubte ich aber, mich dennoch der gegebenen Form be-

Entwickelung der Centralzelle.

Die anfangs tetraëdrische Centralzelle nimmt durch die Viertheilung der sie umschliessenden inneren Wandzellen (durch V u. H), die Form eines, mittelst Aufsetzung von je vier ungleichen Flächen auf jede Tetraëderfläche entstandenen Sechszehnflächners an; für die Beschreibung ihrer weiteren Entwickelung will ich sie, der Einfachheit halber, dennoch als Tetraëder auffassen, da ja doch die fraglichen neuentstandenen Flächen sich nur wenig von der Ebene der Tetraëderseite abheben.

Die genaue Beobachtung der in ihrem Innern stattfindenden Theilungen wird durch verschiedene Verhältnisse äusserst erschwert; und es ist mir nicht gelungen, diese Vorgänge in der Weise Schritt für Schritt zu verfolgen und festzustellen, wie es wünschenswerth gewesen wäre. Wenn man sich auch nach einiger Uebung in den verschiedenen, bei wechselnder Einstellung hervortretenden Theilungen der verschiedenen Zellschichten hinreichend orientirt hat, so hält es noch sehr schwer, ein Object zu finden, das nicht nur die Wände im Innern der Centralzelle deutlich zeigt, sondern auch bei Drehung um seine Längsachse allseitig brauchbare Ansichten liefert. An und für sich sind die fraglichen Wände sehr zart, der Zellinhalt oft wenig durchsichtig, und ausserdem machen sich noch mancherlei äussere Störungen in unangenehmer Weise geltend. Indessen glaube ich, eine, wenn auch nicht ununterbrochene, doch ausreichende Reihe von Thatsachen festgestellt zu haben, die, in dem richtigen Zusammenhang aufgefasst, die nothwendigsten Schlussfolgerungen gestatten. Für die Anführung dieser mangelhaften Resultate bitte ich um des Lesers gütige Nachsicht.

Die Schemata Taf. XX, 5 A u. B stellen die Theilungsfolge in der Centralzelle so dar, dass die ausgezogenen Linien die durch Beobachtung festgestellten, die bloss punktirten dagegen die hypothetisch ergänzten Theilungswände bezeichnen. Die Reihenfolge der Buchstaben entspricht denjenigen der Wände; die Wiederholung eines Buchstabens mit ' oder " drückt die gleichzeitige Entstehung der mit dem gleichen Buchstaben versehenen Wände aus. Eine Beschreibung lässt sich von diesen Theilungsvorgängen schlechterdings nicht

---

dienen zu dürfen, zumal diese Formeln keineswegs mathematische Genauigkeit bieten sollen. Ich wende dieselben auch hier nur deshalb an, weil sich in dieser Weise die Resultate bestimmt begrenzter Zelltheilungsprocesse wohl am besten resumiren lassen.

geben, weshalb ich lediglich auf die einschlägigen Figuren (XX, 5; XXII, 9—11) verweisen muss; das ihnen zu Grunde liegende Theilungsgesetz ist das gleiche, was wohl für die meisten Zellen und Zellcomplexe von tetraëdrischer Form gilt: im Allgemeinen theilt sich jede Zelle in zwei Tochterzellen, die sich bezüglich ihres Volumens zu einander wie 1 : 2 verhalten.

Die Gesammtzahl der entstandenen Sporenmutterzellen betrug überall, wo ich sie direct, oder durch Zählung der Sporen eines Sporangiums bestimmen konnte, zwölf[1]. Aus den wirklich beobachteten Theilungen, sowie aus der definitiven Anordnung der fertigen Sporenmutterzellen (XXII, 10) vor ihrem Auseinandertreten, glaube ich, entsprechend dem, in XX, 5 gegebenen Schema, schliessen zu dürfen, dass aus der kleineren, durch Wand a abgegrenzten Theilzelle I[ten] Grades der Centralzelle vier, aus der grösseren acht Sporenmutterzellen hervorgehen, was auch mit deren ursprünglichem Volumenverhältniss (wie 1 : 2) übereinstimmt. Selbstverständlich können bei dieser Entstehungsfolge nicht sämmtliche Sporenmutterzellen Producte gleichwerthiger Generationen sein, indem eine schon aus der 2[ten], drei aus der 3[ten], vier aus der 4[ten] und vier aus der 5[ten] Theilung der Urmutterzelle resultiren.

Wenn ich dieses Theilungsschema, soweit es sich nicht auf wirkliche Beobachtung stützt, nur mit allem Vorbehalt gebe, so kann ich andererseits die Thatsache, dass die Sporenmutterzellen durch Theilung, und nicht, wie Schacht und Fischer v. Waldheim annehmen, durch freie Zellbildung aus der Urmutterzelle hervorgehen, mit aller Entschiedenheit behaupten. Dafür sprechen die nachgewiesenen Theilungen, das Verhalten der fertigen Sporenmutterzellen (siehe unten) und alle Analogieen vom Lebermoos bis zur Rhizocarpee; — dagegen gar kein stichhaltiger Grund. Bevor die gebildeten Sporenmutterzellen auseinandertreten, heben sie sich als geschlossener Complex von den Wandzellen ab; dabei sind ihre Umrisse nach der Sporangiumswand hin abgerundet, nach dem Centrum, wo sie unter sich noch zusammenhängen, deutlich polyedrisch abgeplattet (XXII, 10). Sprengt man ein Sporangium in diesem Entwickelungszustand auf, so treten bald alle 12 Sporenmutterzellen, bald je 4 im Zusammenhang heraus (XXII, 11. 12), was gleichfalls für ihre Entstehung durch Zelltheilung beweist[2]. Mit der völligen Ausbil-

1) Fischer v. Waldheim behauptet 16, wobei er allerdings noch die Möglichkeit des Abortirens im Auge hat (a. a. O. 363).

2) Das Gleiche hat Hofmeister an den Sporenmutterzellen von Equisetum beobachtet. (Vergl. Unters. S. 98.)

dung der Sporenmutterzellen geht die Resorption der inneren Wandschichten Hand in Hand, und es erscheint das Protoplasma der resorbirten Zellen als Epiplasma.

Leider nöthigen mich äussere Verhältnisse, diese Untersuchungen hier abzubrechen, und von einer genauen Darstellung der eigentlichen Sporenentwickelung Umgang zu nehmen. Die nächstliegende, hier noch zu erledigende Frage wäre wohl die, ob der Sporenbildung die Entstehung von Specialmutterzellen vorausgeht, oder nicht. Fischer's v. Waldheim Darstellung (a. a. O. 370) ist in dieser Hinsicht lückenhaft, und nur die Arbeiten Hofmeister's[1]) und Sanio's[2]) lassen wenigstens einen Analogieschluss auf die Entwickelung der Farnsporen ziehen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben wir es auch hier, wie bei den Equisetaceen, nicht mit Specialmutterzellen im Sinne Nägeli's[3]), sondern mit solchen Specialzellen zu thun, denen gegenüber die Spore nicht als Zelle einer weiteren Generation betrachtet werden kann[4]).

Uebrigens berechtigen mich wohl auch die unvollständigen Resultate der vorliegenden Untersuchung dazu, die Entwickelung des Sporangiums und der Spore der Polypodiaceen als mit derjenigen der höheren Kryptogamen überhaupt, ganz besonders der Equisetaceen, in den wesentlichsten Zügen übereinstimmend zu bezeichnen. — Auch die von Mohl[5]) vermuthete Analogie des Farnsporangiums mit der Antherentheca der Phanerogamen findet, wenigstens was die Gesammtentwickelung der einmal gegebenen, selbstverständlich morphologisch sehr ungleichwerthigen, Anlage betrifft, damit ihre Bestätigung.

Herrn Professor Nägeli spreche ich für die gütige Leitung meiner Arbeit den herzlichsten Dank aus.

Walldürn, 21. März 1866.

---

1) Hofmeister, Vergl. Untersuchungen etc. S. 9, 72—75, 97 f., 103 f., 118 f. Idem, Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten Untersuchungen etc. Pringsheim's Jahrb. III. 2. S. 283 ff.

2) Sanio, Beitrag zur Kenntniss der Entwickelung der Sporen von Equisetum palustre. Bot. Ztg. 1856, Nr. 11 u. 12. Idem, Einige weitere Bemerkungen etc. Bot. Ztg. 1857, Nr. 39.

3) C. Nägeli, Zur Entwickelungsgeschichte des Pollens. Zürich 1842, S. 16.

4) Vgl. besonders Hofmeister, Vergl. Untersuchungen S. 75 und Nachträge etc. S. 283.

5) Mohl, Verm. Schriften S. 103.

Erklärung der Tafeln.

Abkürzungen:

sp = Sporangium.
par = Paraphyse.
gfb = Gefässbündel.
ep = Epidermis.
mg = Eingeschlagener Blattrand (Falsches Indusium).
bsw = Basalwand des Sporangiums.
Stom = Stomium.

Die Bezeichnung der Wände ergibt sich aus dem Texte.

(Bei den meisten Figuren habe ich, der Uebersichtlichkeit wegen, statt doppelter, nur einfache Contour gezeichnet und den Zellinhalt gar nicht berücksichtigt. Die Vergrösserung beträgt bei allen Figuren der Taf. XXI u. XXII, mit Ausnahme von XXI, 2, $^{250}/_{1}$.)

Taf. XX.

Blechnum occidentale L.

Fig. 1, 2, 3, 4. Schematische Darstellung der Theilungsvorgänge in der äussersten Schichte von Wandzellen. Fig. 1, 2, 3 die Seitenwandzellen in drei aufeinanderfolgenden Stadien gleichsam abgerollt. Fig. 4 die Deckenwandzellen von oben zeigend.

Aspidium trifoliatum Sw.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Theilungen in der Centralzelle, behufs Bildung der Sporenmutterzellen. B gegen A um 120° nach links gedreht.

Taf. XXI.

Adiantum assimile Sw.

Fig. 1. Querschnitt durch den umgeschlagenen, fruchttragenden Blattrand. Aus der Epidermis entspringt ein Sporangium und eine Paraphyse.

Pteris hastata Sw.

Fig. 2. Vergr. $^{150}/_{1}$. Querschnitt durch den fertilen Blattrand mit Sporangium und Paraphyse.

Polypodium aureum L.

Fig. 3. Eine Epidermiszelle des Sorus hat das Sporangium als halbkugelige Ausbauchung angelegt.

Fig. 4. Die erste Querwand scheidet Epidermiszelle und Sporangiumsanlage.

Fig. 5. Bildung der Basalwand über der ersten Querwand.

Fig. 6, 6 a. Entstehung der Paraphyse aus den Epidermiszellen.

Fig. 7. Bildung der ersten Seitenwand (I) im jungen Sporangium.

Fig. 8. Die erste und zweite Seitenwand (I u. II) sind gebildet; A von der Seite, B von oben gesehen.

Fig. 9. Die drei ersten Seitenwände sind fertig. B gegen A um 60° nach rechts gedreht, C Ansicht von oben.

Fig. 10. Querschnitt des Sporangiumsstiels.

Fig. 11. Bildung der vierten (Decken-) Wand des Sporangiums.

Fig. 12. Erste Theilungen der Deckenzelle; Fig. 12 a Ansicht von oben.

Fig. 13. Weitere Theilungen der Wandzellen bis zur Anlegung des Ringes. Die fünf Figuren sind nach zwei Objecten in folgender Weise gezeichnet: B gegen A um 60°, C gegen B um 150°, D gegen C um 30° nach links, gegen A um 120° nach rechts gedreht; E Ansicht von oben.

Nephrolepis exaltata Schott.

Fig. 14. Ein noch ganz junges (vergl. Fig. 8) und

Fig. 15. ein in der Anlegung des Ringes begriffenes Sporangium (vergl. Fig. 13 C).

Aspidium trifoliatum Sw.

Fig. 16. Sporangium nach Bildung der Wände v und h.

Blechnum occidentale L.

Fig. 17, 18, 19. Entwickelungszustände wie Fig. 12 u. 16.

Taf. XXII.

Blechnum occidentale L.

Fig. 1. Nahezu reifes Sporangium, von der dem Stomium gegenüberliegenden Seite gesehen.

Fig. 2. Reifes Sporangium, den Zellcomplex der ursprünglichen ersten Seitenwandzelle zukehrend.

Fig. 3. Gleicher Entwickelungszustand, um 180° gedreht.

Polypodium aureum L.

Fig. 4. Junges Sporangium mit noch ungetheilter Innenzelle. Optischer Längsschnitt.

Onoclea Struthiopteris Sw.

Fig. 5. Optischer Längsschnitt eines Sporangiums, in welchem sich die zweite Schichte von Wandzellen gebildet hat.

Nephrolepis exaltata Schott.

Fig. 6. Gleicher Zustand, von oben gesehen; die punktirten Linien bezeichnen die mittlere Einstellung.

Fig. 7. Optischer Längsschnitt eines Sporangiums, dessen zweite Wandzellenschichte sich durch horizontale und verticale Wände (H u. V) getheilt hat.

Aspidium trifoliatum Sw.

Fig. 8. Ein Zustand der Fig. 7 entsprechend; die ausgezogenen Linien zeigen die, bei oberster Einstellung sichtbaren, äusseren Wandzellen, die Linien V u. H die, bei etwas tieferer Einstellung hervortretende, Theilung der inneren Wandzellen, die übrigen punktirten Linien den optischen Längsschnitt.

Fig. 9. Theilung der inneren Wandzellen durch tangentiale Wände (t); in der Centralzelle sind die ersten Theilungen zur Bildung der Sporenmutterzellen aufgetreten. B zu A, C zu B um 120° links gedreht; A, B, C entsprechen stets der Flächenansicht einer der 3 Seiten der Centralzelle, bei mittlerer Einstellung, sind also optische Längsschnitte. (Bezeichnung der Wände wie XX, 5.) D ein ähnlicher, wenig jüngerer Zustand, bei mittlerer Einstellung von oben gesehen (also optischer Querschnitt).

Fig. 10. Ein Sporangium mit fertig gebildeten, aber noch nicht aus ihrem Zusammenhang gelösten Sporenmutterzellen, von oben gesehen; von den inneren Wandschichten ist schon eine aufgelöst. (Ohne Berücksichtigung der, bei oberster Einstellung erscheinenden, äusseren Wandzellen gezeichnet.)

Fig. 11, 12. Gruppen von Sporenmutterzellen, die zusammenhängend aus dem halbreifen Sporangium herausgetreten sind.



Untersuchung über den Sitz der Alcaloide in der Cinchonarinde.

Von

Carl Müller.

(Mit Taf. XXIII u. XXIV.)

Die Veranlassung zu der kleinen analytischen Arbeit, welche ich hierin der hohen Fakultät zur nachsichtigen Beurtheilung vorlege, waren die Untersuchungen Wigand's (Botan. Zeitung 1862, S. 137) über die Frage: Welches der Hauptzellenelemente der Cinchonarinde ist als Sitz der Alcaloide anzusehen?

Wigand's Versuche bestehen in Folgendem: Zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Querschnitte der Rinde werden mit Cochenillelösung imbibirt. Es zeigte sich ihm hiebei eine Fixirung des Pigmentes und zwar hauptsächlich in der Wand der Bastzelle, während die Wand der Parenchymzellen einen geringen Grad der Farbstoffanhäufung zeigte. Der Querschnitt einer anderen Bastzelle des Hanfs oder Leins z. B. zeigte beim Imbibiren mit derselben Pigmentlösung keineswegs die Fähigkeit der Cinchonabastzelle, Farbstoffe zu fixiren. Wigand schliesst hieraus, es sei der Membran der Cinchonabastzelle ein Körper eingelagert, der, den Beizsalzen analog wirkend, Farbstoffe zu fixiren vermöge, und vermuthet diesen Körper in den Alcaloidsalzen.

Die Bestätigung dieser Voraussetzung findet er in folgendem Versuche. Die Cinchonarinde wird, vor der Behandlung mit Pigmentlösung, mit heissem Wasser ausgezogen, aus dem Auszug die Gerbsäure durch Eisenchloridlösung gefällt und das Filtrat (als reine Alcaloidlösung angesehen) dem Leinfaserquerschnitt aufgetragen. Bei nunmehriger Behandlung mit der Pigmentlösung zeigen die beiden Faserquerschnitte, der Cinchonarinde und des Leins, das entgegengesetzte Verhalten — die erschöpfte Faserwand der ersteren hat die

Fähigkeit Pigment zu fixiren verloren, die des letzteren hat sie gewonnen.

Wigand schliesst hieraus, es sei die Wand der Bastzelle der Hauptsitz des Alcaloids in der Cinchonarinde.

Bei Wiederholung des ersteren (den zweiten inducirenden) Versuchs gelang es mir auf keine Weise, mich davon zu überzeugen, dass es die Wand der Bastzelle sei, welche das Pigment in bevorzugter Weise sammle; im Gegentheil fand ich die Wand der Parenchymzellen, welche vor der Imbibition schon gelb oder braun gefärbt erschien, nach derselben jedenfalls intensiver gefärbt als die Bastzellenwand.

Ich schlug deshalb zur Lösung derselben Frage einen anderen Weg ein und zwar den der quantitativen Bestimmung des Alcaloids in beiden Zellenarten.

Folgende Betrachtungen, die mich leiteten, mögen wohl zeigen, dass derartige Analysen, abgesehen von der pharmacognostischen Bedeutung, geeignet sein dürften, die Entwicklungsgeschichte physiologisch interessanter Körper kennen zu lehren. — Der Chemiker, der mit Hülfe eines zusammengesetzteren Apparates einem chemischen Processe folgen will, untersucht nach dem Auseinandernehmen in Zeitabschnitten, die durch die analytischen Methoden gegeben sind, die in den verschiedenen Gefässen auftretenden Körper. Die Verbindung der gemachten Analysen derselben giebt ihm die Entwicklungsgeschichte vieler Vorgänge. Für die im Haushalte der Pflanze entstehenden Körper ist die Zelle der Entstehungsort; ein Complex vieler solcher gleichwerthiger oder ungleichwerthiger Zellen, das Organ, der Apparat, der dem Glasapparat des Chemikers zu vergleichen ist. Während indess bei letzterem die molecularen Wirkungen der Wand des Einzelgefässes von constantem Einfluss auf den Verlauf der chemischen Vorgänge im Innern sind, welche meist vernachlässigt werden können; wirken die molecularen Kräfte der Gefässwand des Pflanzenorgans jedenfalls im höchsten Grade bedingend und regelnd auf die Vorgänge im Innern des Raumes, der von Zellwand umschlossen, denn es entsteht und wächst diese Wand auf Kosten der im Zellinnern dargestellten Körper und zeigt, je nach verschiedenen Alterzuständen, verschiedene Permeabilität für in der Intercellularflüssigkeit gelöste Körper.

Wollte man, wie der Chemiker, durch Auseinandernehmen und Zerlegen des complicirteren Apparates, Organ, in seine verschiedenen Einzelgefässe, Zellen, eine Lösung des chemischen Theils der

Fragen über den Aufbau der Pflanze aus den Rohnahrungsstoffen, Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, Salpeter- und Phosphorsäure, Erd- und Alkalisalze etc. erlangen, so böte gerade die nothwendige Berücksichtigung der Verhältnisse der Permeabilität von Membranen ungleicher Zellen für verschiedene gelöste Körper die grösste Schwierigkeit. In vielen Fällen wird dieser Weg geradezu unmöglich sein, selbst wenn eine genaue Kenntniss der Körper vorhanden wäre, welche die plastischen Gemische Protoplasma und Zellflüssigkeit constituiren.

Für einige Fragen indess wird der angedeutete Weg sich vortheilhaft betreten lassen, ich glaube für die Beleuchtung der Entwickelungsgeschichte von Körpern, die unzweifelhaft in den Intercellularflüssigkeiten entstanden, sich der Zellmembran bestimmter Zellen einlagern und von dieser, Lösungsmitteln gegenüber, mehr oder weniger hartnäckig zurückgehalten werden.

Die Cinchonabasen sind derartige Körper. Als stickstoffhaltige Körper stehen sie in einer Beziehung zu den stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln, welche die Pflanze dem Boden entnimmt. Welcher Art diese Beziehung, geht aus den bisherigen Untersuchungen nicht hervor. Da indess diese Alcaloide leichter chemisch rein dargestellt werden können als viele der Körper, welche beim Aufbau oder der Desorganisation pflanzlicher Organe eine Rolle spielen, so dürfte die Kenntnissnahme von ihrer Entwickelungsgeschichte vielleicht nicht unmöglich sein und damit die Entscheidung der Frage: Entstehen solche Körper direct aus den Rohnahrungsstoffen, Kohlensäure, Salpetersäuresalze und Wasser, ehe dieselben in dem Zustande der eiweissartigen Körper des Protoplasma angekommen, oder sind sie Producte einer rückschreitenden Metamorphose letztgenannter Körper?

Eine Frage, deren Beantwortung von nicht geringer Bedeutung für den Chemiker sowohl wie für den Pflanzenphysiologen wäre.

Nothwendig zu erfüllende Bedingung zur Möglichkeit einer derartigen Untersuchung ist natürlich das Entnehmen des Materials von einem und demselben lebenden Individuum, eine Bedingung, deren Herstellung für diesen Fall, wegen der Seltenheit lebender Cinchonen in Europa schwer zu bewerkstelligen ist.

Nach dem Gesagten ist einleuchtend, dass eine möglichst directe Methode der Bestimmung der Alcaloidmengen in je einem Zellenelement der fertigen Rinde das erste Erforderniss ist, und soll diese kleine Arbeit zeigen, dass demselben auf dem Wege der quantitativen Analyse genügt werden kann. Die Aufgaben, die ich mir hiebei stellte, waren:

a) Trennung der (in der auf geeignete Weise zerkleinerten Rinde) enthaltenen Hauptzellenelemente, auf einem Wege, der die Möglichkeit einer Vertheilung durch lösende Flüssigkeit der in den Membranen abgelagerten Stoffe total ausschliesst,

b) Nach Herstellung vollkommen reiner Massen der einzelnen Zellentheile, möglichste Erschöpfung derselben und genaue Wägung des erhaltenen Alcaloids.

Ehe ich zur Beschreibung der angewandten Methode übergehe, seien einige Worte über den Bau der untersuchten Rinde gesagt. Es war diese eine sehr reiche Calysayrinde des Handels (unbedeckt in Platten), in welcher man, da die Borken und Korktheile schon beim Sammeln abgesprengt werden, den bastreichsten, einerseits an das Cambium grenzenden Theil älterer Axentheile hat. Die noch anhängenden Theile der harten Borke können leicht durch das Messer von den Platten entfernt werden.

Im transversalen Schnitt erscheinen die Bastzellen vereinzelt oder in 2—3zähligen Bündeln gleichmässig zerstreut gestellt. In Längsschnitten zeigen sie sich fast vollständig isolirt; nur an den Spitzen berühren sich benachbarte Bastzellen. Geht der Schnitt in der Richtung d Fig. 2, so erscheinen sie auf dem Querschnitt in Bündeln gestellt und von ungleichem Durchmesser, wenn die Ebene des transversalen Schnitts für eine Bastzelle näher ihrer Spitze liegt als für die andere. c. c. Fig. 1.

Das Zerstreutstehen der Bastzellen, der lockere Verband untereinander und die grosse Differenz der Massen zwischen der Bastzellen- und Parenchymzellen-Membran boten mir die Mittel der möglichsten Trennung beider. Ob das specifische Gewicht der Membranmassen beider Zellenarten ein verschiedenes, habe ich bis jetzt noch nicht ermittelt.

Methode der Zerkleinerung.

Möglichst grosse und von den anhängenden Borkentheilen befreite Platten wurden in der Richtung der Axe gehobelt, nachdem durch Vergleichung der bei verschiedener Stellung der Hobelschneide erhaltenen Späne mit der Dicke der isolirten Bastzelle, die Dicke ermittelt war, welche etwa der der letzteren entsprach. Die gesammelten Späne wurden in einer mit Glasstöpsel verschliessbaren Flasche durch Schütteln mit blanken Eisendrahtspiralen möglichst zerkleinert, sodann mit reinem gleichkörnigen Flusssand so lange geschüttelt, bis mehrere Proben, mikroskopisch untersucht, die Parenchymzellen zertrümmert, die Bastzellen isolirt, aber intact zeigten. Durch die

leichte Zerreiblichkeit der dünnwandigen trocknen Parenchymzelle und die Zähigkeit der Bastzelle ist es leicht durch den Sand die Bastzelle von den anhaftenden Parenchymtrümmern rein abzureiben. Ich zog indess vor, der ersteren eine dünne Schicht der Zellwände zu belassen, welche den dichtanliegenden Parenchymzellen angehörte, um sicher zu sein, dass der reibende Sand die Membran der Bastzelle noch nicht angegriffen habe und sich in dem feinen Pulver, das aus den Trümmern der Parenchymzelle bestand, noch keine abgeriebenen Basttheile befinden.

Die dadurch nothwendige Verunreinigung der Bastzelle durch anhaftende Parenchymwandungen war eine geringe, machte sich indess doch geltend, wie wir bei Bestimmung des Chiningehaltes sehen werden.

Der in Fig. 3 abgebildete Apparat diente nun dazu, die Parenchymtrümmer von den isolirten nicht zertrümmerten Bastzellen zu trennen. Die grosse Retorte A wird durch Vorstoss und Cautchoucverband mit der in der Retorte C mündenden Glasröhre verbunden; C steht durch die 2mal gebogene Glasröhre t mit dem. Gefäss D in Verbindung. Letztere Röhre wird in D durch Wasser abgesperrt. Nachdem das Gemisch aus Sand und Rindentrümmer durch den Tubulus mit möglichster Schonung in die Retorte A gegeben, wurde dem Tubulus eine Glasröhre eingefügt, welche einerseits nahe über dem Pulver mündete, andererseits durch den Cautchoucschlauch E mit dem Blasebalg einer Glasbläserlampe verbunden war.

Sobald durch Antreten des Blasebalgs Luftstösse auf das Pulver gegeben wurden, entstand eine Trübung in dem Wasser des Gefässes D durch die übergeführten leichten Trümmer. Es kam nun darauf an, solche Luftstösse anzuwenden, welche nach D nur Parenchymtrümmer und keine Bastzellen überführten. Ich untersuchte deshalb, nach stufenweise verstärkten Stössen, den Niederschlag in D mikroskopisch und fand denselben auch bei den stärksten Luftstössen, welche der Blasebalg erlaubte, nur aus Parenchymtrümmern bestehend.

Nachdem ich mich somit von der Brauchbarkeit meines Apparates überzeugt hatte, wurde das Pulver in A durch stärkste Luftstösse vollständig ausgestäubt, und nachdem die eingepresste Luft im Innern sich mit der Atmosphäre ins Gleichgewicht gestellt, der Apparat von D an auseinandergenommen. Die in die Retorte C, Röhre F, Vorstoss B und Retortenhals A geführten Staubtheile wurden nun in kleinen Pröbchen mikroskopisch untersucht. Es ergaben sich in F u. B fast reine Parenchymtrümmer, B u. A Gemische von wechselndem Bastgehalt und Parenchym, im Rückstand reiner Bast und Sand.

Rückstand A wurde zurückgelegt, F u. B zurückgelegt (1) — Gemisch von B u. A, in den Bauch der Retorte A gegeben, auf die beschriebene Weise ausgestäubt, — die Staubtheile in F u. B (1 a) nach Auseinandernehmen des Apparates zu 1 gegeben, die von B u. A, in A gegeben, wiederum ausgestäubt, Theile in F u. B (1 b) zu 1 u. 1 a gegeben; alsdann 1, 1 a u. 1 b in A derselben Manipulation unterworfen und dieses Fractioniren, begleitet von einer mikroskopischen Untersuchung der übergehenden Trümmerpartien, so lange fortgesetzt, bis eine vollständige Trennung der beiden Theile herbeigeführt, bis die aus A zurückgelegten reinen Bast, die aus F u. B zurückgelegten Theile reine Parenchymtrümmer ergaben. Durch dieses Verfahren ist einem Verlust durch Verstäuben möglichst vorgebeugt. Dem Wasser in D setzte ich, um das heftige Schäumen beim raschen Durchgang der Luftblasen zu vermeiden, von Zeit zu Zeit etwas Alkohol zu, und vermied dadurch auch hier jeden Verlust der im Wasser suspendirten Parenchymtrümmer. Ein gewisser Verlust des Untersuchungsmaterials lässt sich indess nicht vermeiden; es entsteht derselbe dadurch, dass bei dem Gemisch von Bast und Parenchymtrümmern bei den letzten Rückständen ein Punkt eintritt, wo aus A immer Gemische nach B übergehen, wenn die Quantitäten des zu fractionirenden Gemisches geringe sind; solche mussten daher, nachdem sie gewogen, von der weiteren Untersuchung ganz ausgeschlossen und zurückgelegt werden. Kleinere Verluste durch Herstellung befeuchteter mikroskopischer Präparate waren natürlich nicht zu umgehen.

Ausziehen der Rindentrümmer.

Um eine äusserste Erschöpfung der Rindentheile möglich zu machen und die Genauigkeit der Wägungen zu steigern, zog ich vor, mit kleinen Quantitäten zu arbeiten. Bei der grossen Schwierigkeit, welche dem Crystallisiren kleiner Mengen des Hydrates oder Schwefelsäuresalzes entgegenstehen, war ich gezwungen, das amorphe Chininhydrat C_{40} H_{24} N_2 O_4 6HO, bei 100° getrocknet, für alle drei Analysen, resp. der der ganzen Rinde, der des Bastes und der des Parenchyms der Wägung zu unterwerfen. Die Darstellung des crystallirten Hydrats oder Salzes hätte die Anwendung grosser Rindenmassen bedingt, welche aber der Genauigkeit der Bestimmung dadurch Abbruch gethan haben würde, dass das Auswachsen der Rinde der Fällungsrückstände und der Knochenkohle bedeutend erschwert worden wäre.

Der auszuziehende Rindentheil wurde mit verdünnter Schwefelsäure (SO_3HO 1 Th. u. 12 Theile Wasser) zu einer teigigen Masse

angeknetet, 24 Stunden macerirt; hiernach mit gleichkörnigem Sand gemischt in eine Realsche Presse gegeben und zuerst mit kaltem, später mit heissem, schwefelsäurehaltigem Wasser vollständig erschöpft. — Die Realsche Presse, für kleine Mengen derartiger Substanzen, construirte ich leicht aus Retortenvorstössen oder den Hälsen zerbrochener Retorten oder Kolben, denselben an beiden Enden durchbohrte Korke einfügend, von denen einer die lange Druckröhre, der andere die Abflussröhre umschliesst; letztere wird mit einem Baumwollenbausch lose verstopft. Ward die Presse von der auszuziehenden Substanz nicht ganz erfüllt, so gab ich in den leeren Raum bis zur Mündung der Druckröhre grobkörnigen, reinen Quarz-Sand.

Die möglichste Erschöpfung des Rindentheils wurde angenommen, als eine Probe der ablaufenden Flüssigkeit keine Fluorescenzerscheinung mehr zeigte und mit Chlorwasser und Ammoniak keine grüne Farbe mehr annahm. Zur Vorsorge wurde selbst nach diesem Zeitpunkt das Waschen noch einige Zeit fortgesetzt.

Die vereinigten sauren Auszüge eines Rindentheils mit gebrannter Magnesia gesättigt (Magnesia im Ueberschuss zugegeben), wurden im Wasserbad sammt dem entstandenen Niederschlag eingedampft; der möglichst trockene Rückstand in einem geeigneten kugeligen Glasgefäss, mit Tubulus einerseits und durch Glashahn verschliessbarer Abflussröhre andererseits, mit Aether sorgfältigst ausgewaschen. Die aetherische Lösung hinterliess nach Abdestilliren des Aethers eine harzartige amorphe Masse, das Chininhydrat, welches in alcoholhaltigem Wasser aufgenommen, mit Knochenkohle wiederholt behandelt wurde, bis es möglichst entfärbt bei 100° getrocknet und zerrieben ein grauweisses Pulver darstellte, in welchem Zustande es gewogen wurde.

In einer Rinde, welche 4,58 % Chininhydrat enthielt, wurde gefunden:

125 grmes angewandte trockene Rinde, in der Bast und Parenchymtrümmer getrennt, ergaben

	86,682	Bastzellen,
	30,639	Parenchymtrümmer,
	4,354	(zurückgelegtes Gemisch von Parenchym und Bast),
	121,675	
	3,325	Verlust durch mikroskop. Präparation und Verstäuben
grmes	125,000	

In 30,639 grmes Parenchym 3,026 grmes Chininhydrat, was für 100 Theile 9,876 ergiebt.	Parenchym 9,876 %

In 86,682 Bast 2,134 grmes Chininhydrat, was für 100 Theile 2,462 ergiebt. } Bast 2,462 %

Diese Zahlen zeigen, dass gerade die Parenchymzelle den höchsten Procentgehalt an Chinin hat, derselbe ist nahe das 4fache der Bastzelle. Nun aber erwähnte ich, dass der isolirten Bastzelle noch eine dünne Hülle belassen blieb, bestehend aus Theilen der Parenchymzellwand; wäre es erlaubt gewesen, diese zu entfernen, so würde sich der Unterschied zu Gunsten der Parenchymzelle jedenfalls grösser ergeben haben. Mein Zweifel an der Richtigkeit der Wigand'schen Beobachtung ist mithin gerechtfertigt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind denen der Wigand'schen vollkommen entgegengesetzt. Denn einmal ergab sich die Parenchymzelle als die alcaloidreichste, während Wigand jeglichen Alcaloidgehalt abspricht, und ferner ist die Bastzelle ebenfalls alcaloidhaltig, wenn auch nicht in so hohem Grade. Wollte man annehmen, eine einzige Zellenart der fertigen Rinde alter Axentheile sei der Sitz der Alcaloide, so ergäbe sich derselbe nach meiner Untersuchung in der Parenchymzelle, und der im Bast gefundene Alcaloidgehalt wäre dadurch zu erklären, dass demselben eine nothwendige Verunreinigung mit den Parenchymtrümmern belassen werden musste. Es müsste diese Verunreinigung derart gewesen sein, dass auf 86 Theile des angewandten Bastes ungefähr 25 Theile Parenchym gekommen wären, wenn man die Bastzelle als absolut alcaloidfrei ansieht. Es ist indess sicher, dass den angewandten Bastzellen höchstens 8—10 % Parenchym beigemengt waren, und demgemäss der Bastzelle ein, wenn auch nur geringer, Alcaloidgehalt zugestanden werden muss.

Eine zweite Frage, welche Wigand in seiner Arbeit anregte, ist die: „Welches ist der Entstehungsort der Alcaloide?"

Wigand ist der Ansicht, es müsse dies der Ort sein, an welchem man das Alcaloid in grösster Menge antreffe, es wäre nach seiner Untersuchung die Bastzelle, nach der meinigen die Parenchymzelle. Eine Hauptstütze findet Wigand in dem Erfahrungssatze: Junge Rinden, d. h. Rinden jüngerer Axentheile, welche stets bastärmer als ältere Rinden, sind auch stets alcaloidärmer als letztere, und diejenigen Rinden die reichsten, auf deren Bruch oder Querschnitt die Bastzellen allseitig gleichmässig zerstreut erscheinen (Fig. 1). Die Richtigkeit dieses Erfahrungssatzes ist nicht zu bezweifeln, doch sehe ich in ihm nichts, was zu Gunsten der Wigand'schen Anschauung spricht. Der Satz sagt einfach, es besteht eine Beziehung zwischen dem Alcaloidgehalt der Rinde und deren Gehalt an Bastzellen, und zwar fängt der Alcaloidgehalt der Rinde

an zu wachsen, wenn das Cambium des Axentheils beginnt Bastzellen zu bilden. Dieses ist Alles, was sich aus dem Erfahrungssatz schliessen lässt. Ob in der jungen Rinde in der jugendlichen Bastzelle der Heerd der Alcaloidbildung sei und die Parenchymzellen das gebildete Alcaloid vorzugsweise in sich einlagern, oder ob umgekehrt die Bastzelle in niederem Grade das in der Parenchymzelle gebildete Alcaloid in ihre Wand einlagere, ist durch die Arbeiten, die bisher für diese Fragen angestellt, nicht entschieden.

Soviel steht durch meine mit grosser Sorgfalt angestellte Scheidung der beiden Zellenelemente fest, dass in der Rinde alter Stammtheile, das Parenchym die Zellenart ist, welche den höchsten Procentgehalt an Alcaloid zeigt; auch glaube ich die beschriebene Methode, für Rinden verschiedener Alterszustände angewandt, als diejenige ansehen zu dürfen, welche die Entscheidung der letztgenannten Frage herbeiführen kann. — Ebensowenig wie wir annehmen dürfen, dass in den Zellen oder Organen der Pflanzen, in welchen wir Amylum abgelagert finden, dasselbe auch immer entstanden sei, haben wir das Recht, die Alcaloide in der Zellenart entstanden anzunehmen, in welcher wir sie in der fertigen Rinde hauptsächlich angesammelt finden.

Die Entscheidung der nächstliegenden Frage zur Lösung der genannten: „In welchen Zellentheilen der jüngsten Rinde tritt das Alcaloid zuerst auf?" werde ich zu unternehmen versuchen, sobald ich im Besitze des Rindenmaterials bin, welches den Anforderungen derartiger Untersuchung entspricht.

Heidelberg den 1. Februar 1866.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Kleine Partie eines transversalen Schnittes durch eine Calysayrinde e Bastzellengruppe. f f Markstrahl. P Rindenparenchym. d Längsansicht einer isolirten Bastzelle. Vergrösserung $^{180}/_{1}$.

Fig. 2. Partie eines tangentialen Schnittes derselben Rinde. f Markstrahl. d Bastzelle.

Fig. 3. Der im Text beschriebene Apparat zur Trennung der Rindentrümmer. Cautchoucschlauch E führt nach dem Blasebalg einer Glasbläserlampe.

Inhalt.

Das Wachsthum des Vegetationspunktes von Pflanzen mit decussirter Blattstellung.

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte vegetativer Organe.

Von

Dr. phil. N. J. C. Müller.

(Mit Taf. XXV—XXXIV.)

Die Aufgaben der in diesen Blättern beschriebenen Untersuchungen waren, die Entwickelungsgeschichte des zweigliedrigen Wirtels zunächst zu studiren, und die Zelltheilungen, welche der Anlage solcher Wirtel in dem terminalen Theile des Vegetationspunktes vorausgehen, und ferner die Berücksichtigung des gestaltbedingenden Einflusses der wachsenden Blattanlagen auf den Vegetationspunkt selbst. Die Schwierigkeit der Präparation phanerogamer Vegetationspunkte, bedingt zum Theil durch die Kleinheit der dieselben constituirenden Zellen, zum Theil durch den zu entfernenden Zelleninhalt und die die meisten Knospentheile begleitenden Haare, möge entschuldigen, dass die Untersuchung auf eine so kleine Zahl von Pflanzen ausgedehnt wurde.

Eine zu dieser Arbeit unerlässliche Einführung in die Methode vergleichender Untersuchung der Vegetationspunkte war mir geboten in Untersuchungen, welche ich unter der trefflichen Leitung meines hochverehrten Lehrers Herrn Prof. Hofmeister in den zwei vergangenen Semestern an Pflanzen mit spiraliger Blattstellung anstellte. Demselben Herrn fühle ich mich aufrichtig verpflichtet, für die unermüdliche Unterstützung mit seinem Rathe während genannter Einführung und in Bezug auf die Wahl des Untersuchungsmaterials zu dieser Arbeit, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Während der Vorstudien zu vorliegender Arbeit an Vegetationspunkten von Moosen und Farrnkräutern hatte ich mehrfach Gelegenheit, die in den veröffentlichten Arbeiten Anderer gewonnenen Resultate bestätigt oder durch thatsächliche Beobachtung widerlegt zu finden. Ich wünsche über Differenzen mit zwei Abhandlungen der letzten Jahre in diesem Gebiete der Entwicklungsgeschichte zu sprechen, ehe ich auf meine Resultate über die decussirte Blattstellung eingehe.

Es sind dieses die Untersuchungen Lorentz's[1]) am Vegetationspunkt von Fissidens und Polytrichum, und diejenigen von Kny[2]) am Vegetationspunkt von Metzgeria, Aneura und Pellia.

Hatten Alexander Braun[3]) und Nägeli[4]), ersterer an der Familie der Characeen, letzterer an dem Vegetationspunkt von Laub- und Lebermoosen und Florideen, die ersten werthvollen Untersuchungen zum Verständniss der Zelltheilungserscheinungen im Vegetationspunkt geliefert und hierdurch den Weg angebahnt zur Entwicklungsgeschichte von Blatt und Axe, so war es Hofmeister's umfassenden Untersuchungen vorbehalten, die wichtigsten Momente des differenzirten Wachsthums der ursprünglichen Blattanlage und des Einflusses solchen Wachsthumstrebens auf die Gestalt und Ausdehnung des Vegetationspunktes festzustellen und hierdurch der Wissenschaft einen Gesichtspunkt zu gewinnen, von welchem aus derartige Untersuchungen fruchtbringend werden müssen.

Von dem höchsten Interesse war es mir, an Moosen wie Polytrichum und Fissidens, welche Lorentz bearbeitet, die bemerkenswerthen Differenzen desselben mit der von Hofmeister an Aspidium und Pteris gewonnenen Anschauung des Wachsthums der einzigen Scheitelzelle zu bestätigen oder zu widerlegen. Ich wende mich daher, auf die angegebene Arbeit verweisend, zunächst zur Terminalzelle von Fissidens taxifolius.

Während den Resultaten von Lorentz in Bezug auf Weiterentwicklung der Blattanlagen nichts entgegengehalten werden kann, hat derselbe die Wachsthumserscheinungen der Scheitelzelle vor und nach Auftreten der ersten Scheidewand übersehen.

Er schildert die Gestalt der freien Aussenfläche der Terminal-

---

1) Lorentz, Moosstudien. Leipzig 1854. Engelmann.

2) Kny, Entwickelungsgeschichte laubiger Lebermoose. Pringsheim's Jahrbücher IV.

3) Ueber die Saftströmung in den Characeen.

4) Nägeli und Schleiden, Zeitschr. f. wiss. Bot. 1845. 2. Heft.

zelle als eine gewölbte, von zwei gleichen Kreisbögen begrenzte Fläche, welche Kreisbögen die Kanten zweier Flächen darstellen, welche die Terminalzelle gegen die Zellen zweiten Grades abgrenzen und zur Axe links und rechts geneigt sind. Bildung neuer Zellen geschehe durch wechselnd nach rechts und links geneigte einer der Kanten parallele Wände.

Wiederholte genaue Untersuchung der Scheitelregion von Fissidens haben mich zu einer von der von Lorentz gegebenen etwas abweichenden Auffassung des Wachsthums der Scheitelzelle geführt.

Bei Untersuchung mehrerer Individuen findet man leicht, dass die Scheitelfläche nicht immer von 2 Bögen gleicher Kreise begrenzt erscheint. Es erscheint dieselbe vielmehr, erstens, zuweilen auf der einen Seite von dem Bogen eines grösseren Kreises begrenzt als auf der andern Seite, zweitens, findet man sie von Bögen gleicher Grösse begrenzt und drittens, erscheint die eine Seite zuweilen als eine vielgekrümmtere Kurve, etwa als Abschnitt einer Ellipse. Fig. 6 t.

Den in dieser Reihenfolge gegebenen Gestaltänderungen der Scheitelfläche der Terminalzelle entsprechen Verhältnisse des Scheitels der jüngsten Blattanlage, welche mir gestatten, die 3 gefundenen Formen ersterer als hintereinander liegenden Stadien angehörig zu betrachten. Die Scheitelfläche der jüngsten Blattanlage im Momente der Entstehung durch eine Scheidewand c Fig. 5 ist begrenzt durch einen Kreisbogen c, welchen sie mit der Terminalzelle t gemeinschaftlich hat, und von einem stärker gekrümmten Bogen, der Rückseite der Blattanlage d. Fig. 5. Die Form der Scheitelzelle der Fig. 5 entspricht der unter 1 angegebenen; des Stadiums, in welchem ihr einseitig gefördertes Wachsthum das Ueberschreiten eines gewissen Maasses — die Scheidewandbildung c — zur Folge hatte. Der Bogen c entspricht dem Bogen des grösseren Kreises — der Oberseitenkante der Blattanlage 4. Blatt und Terminalzelle wachsen nun, der Bogen c wird gekrümmter und dem gegenüberliegenden gleich. Dieses Stadium 2 ist wahrnehmbar, wann in der Blattanlage 4 eben eine Scheidewand auftritt, welche in Richtung der Blattmediane verläuft. Fig. 6. Beide zur Axe geneigte Flächen der Scheitelzelle sind nun im Gleichgewicht. Hiebei bleibt indess das selbstständige Wachsthum der Terminalzelle nicht stehen, die Fläche, welche der letztgebildeten Scheidewand gegenüberliegt, wächst vorzugsweise in zur Mediane ii der Scheitelzelle t senkrechter Richtung und baucht sich nach rechts aus. Fig. 6. Dieses ist die unter 3 angegebene Gestalt der Terminalzelle, welche später durch eine Scheidewand, welche c

gleichsinnig auf der anderen Seite verläuft, in die unter 1 angegebene zurückgebracht wird und die Anlage des fünften Blattes Fig. 6 herbeiführt.

Wir finden somit das merkwürdige Verhalten des sogenannten reitenden Theils des Blattes schon im Wachsthum der Terminalzelle begründet. Das ganze junge Blatt ist eben schon reitend mit der Anlage der jüngsten Scheidewand in letzterer. Es steht diese Auffassung, durch die oben erwähnten Thatsachen bestätigt, mit der von Lorentz, was die Weiterentwicklung der Blattanlage anbelangt, nicht in wesentlichem Widerspruche. Nach ihm folgt das excessive Wachsthum der Blattanlage in zur Mediane der Scheitelzelle ii, Fig. 5 senkrechter Richtung der Bildung der jüngsten Scheidewand in der Terminalzelle, während ich das Streben einer einseitigen Erweiterung derselben als diese Erscheinung bedingend oder wenigstens vorbereitend betrachten muss.

An den weiteren Deutungen Lorentz's des Wachsthums des Blattes, des späteren Uebergreifens des sogenannten reitenden Blatttheils über die Mediane der Scheitelzelle ändert meine Auffassung nichts.

In einer andern Beziehung indess kann ich den Ergebnissen der Lorentz'schen Arbeit nicht beipflichten. Derselbe beobachtet das Gefördertsein einer Blatthälfte; ein Verhältniss, welches in den jüngsten Blättern meiner Zeichnung, Fig. 5 u. 6 (1, 2, 3, 4) sehr deutlich, in den älteren mehr oder weniger verwischt ist. Ich fand nun bei mehrfacher Untersuchung die geförderte Seite dem Boden zugewendet, während Lorentz hier die kleinere Blatthälfte findet. Die Ursache der Erscheinung erklärt Lorentz nicht, und auch ich muss mich hier darauf beschränken, das Verhältniss, wie ich es gesehen, zu erwähnen, indem ich mir vorbehalte, dasselbe in einer späteren Notiz zu behandeln.

Was nun die Untersuchung der Theilungsvorgänge in der Terminalzelle von Polytrichum formosum anbelangt, so findet sich zwischen den Lorentz'schen Ergebnissen und den meinigen eine bedeutendere Differenz.

In einer der exactesten Untersuchungen über das Wachsthum der Scheitelregion, welche wohl je veröffentlicht wurde, zeigte Hofmeister[1]), dass zwischen den Richtungen der in der verkehrt dreiseitig-pyramidalen Scheitelzelle von Aspidium, neu auftretenden

1) Abhandlung der königl. sächs Gesellschaft der Wissensch. Farrenkräuter.

Scheidewände und den Divergenzen der Blätter eine Beziehung bestehe, welche bedinge, dass das Wachsthumsstreben der dreiseitigen Aussenfläche der Terminalzelle nach verschiedenen Richtungen verschieden sei; dass je eine neue Scheidewand, welche dieselbe in eine Scheitelzelle höheren Grades und eine Zelle zweiten Grades theile, zur Richtung des vorhergegangenen intensivsten Wachsthums senkrecht verlaufe, dagegen parallel einer der Seitenwände der früheren Terminalzelle. Eine Anschauung gewonnen durch die umfassendsten Untersuchungen und bei allen mit einer einzigen Scheitelzelle wachsenden Pflanzen bestätigt. Hofmeister weist nach, dass in der Terminalzelle von Aspidium filix mas, welche von Gestalt einer verkehrt dreiseitigen Pyramide ist, die Scheidewände, welche Zellen zweiten Grades in dem Sinne des Verlaufs der Blattstellungsspirale abscheiden, abwechselnd einer der 3 Seiten des gleichschenkligen Dreiecks parallel verlaufen, als welches die freie Aussenfläche der Terminalzelle erscheint; dass ferner die jüngste und älteste derartige Scheidewand die Schenkel solchen Dreiecks bilden, während die Grundlinie der mittleren im Alter zukomme. Durch eine vorzügliche Präparationsmethode gelang es Hofmeistern, sehr genaue Messungen von Basislinie und Schenkel der 2schenkligen Dreiecke anzustellen, welche eine weitere Beziehung zwischen Gestalt und Scheidewandfolge der Terminalzelle einerseits und Divergenz der Wedel andererseits ergaben. Denkt man sich nämlich um das 2schenklige Dreieck, als welches die freie Aussenfläche erscheint, einen Kreis gelegt, welcher alle drei Ecken des gleichschenkligen Dreiecks schneidet, so erscheinen die zwei Schenkel als Sehnen von Bögen, welche resp. zwei Schritten auf dem kurzen Weg der Blattspirale entsprechen, während die Grundlinie desselben Dreiecks gleich der Bogensehne an demselben Kreise ist, welche einem Schritt des langen Wegs minus einem Schritt des kurzen Wegs entspricht. So entsprechen beispielsweise bei der $^{5}/_{13}$ Stellung der Wedel von Asp. fil. mas je ein Schenkel des Dreiecks einer Bogensehne von 138° 27′ 41,53″, für die zwei Schenkel 276° 55′ 23,06″, was 2 Schritten auf dem kurzen Wege entspricht $= 2. \, ^{5}/_{13} = {}^{10}/_{13}$, die Grundlinie der Sehne des Bogens von 38° 4′ 36,94″, was der Differenz eines Schrittes des grossen Weges entspricht ($^{8}/_{13} =$ 221° 32′ 18,47″) und eines Schrittes des kleinen Weges (138° 27′ 41,53″), die Bögen aller drei Sehnen einem Kreisumgang ($^{5}/_{13} + {}^{5}/_{13} + {}^{3}/_{13}$ oder = 2. 138° 27, 41,53″ + 83° 4′ 36,94″ = 360). Auf diesem schwierigen aber fruchtbaren Wege der directen Messung nach Anwendung einer guten Präparationsmethode, war der

innige Zusammenhang des Stellungsverhältnisses weit von der Terminalzelle sich erhebender Wedelanlagen mit den Zelltheilungsfolgen in letzterer dargethan. Hofmeister erwähnte schon damals, dass die beschriebenen Gestaltverhältnisse der Seiten des gleichschenkligen Dreieckes nach jeder neuen Scheidewand dadurch erhalten gedacht werden können, dass die letztere, anstatt einem der Schenkel parallel zu verlaufen, zu diesem derart geneigt sein könne, dass die freie Aussenfläche der neuen Scheitelzelle einem ähnlichen aber kleineren Dreiecke gleich werde; dass dieses neue Dreieck nun gleichmässig wachse und die nächste Scheidewand nun ebenso wie die erste zu einem der Schenkel geneigt verlaufend aufs Neue ein ähnliches kleineres Dreieck als freie Aussenfläche der Terminalzelle und eine Zelle zweiten Grades schüfe. Hierdurch kämen die Complexe der aus Zellen zweiten Grades entstandenen Zellen allerdings so zu liegen, wie es die obengenannte Beziehung zu den seitlichen Abständen der Wedel verlangt. Auf diese Weise müssten die obere und untere Kante der Zelle zweiten Grades gleich beim Entstehen nicht parallel laufen und das Hinterende derselben Zelle bedeutend verbreitert erscheinen. Diese Verhältnisse finden sich indess in der Natur nicht bestätigt, sondern es verläuft die jüngste Scheidewand stets einem der Schenkel genau parallel.

Es blieb demgemäss, da auch eine Drehung des Axenendes nicht stattfindet, nur die einzige Erklärung des Wachsthums der Terminalzelle übrig, es ist die von Hofmeister gegebene: Hat die freie Aussenfläche derselben, nach einer Richtung vorzugsweise wachsend, ein bestimmtes Grössenmaass überschritten, so zerfällt sie in eine Zelle zweiten Grades und eine neue Scheitelzelle durch eine Scheidewand, welche dem einen Schenkel des gleichschenkligen Dreiecks parallel verläuft. Dieses wird dadurch verkleinert, in seinen Winkelverhältnissen nicht verändert. Nun aber folgt ein Wachsthum der freien Aussenfläche, welches den Scheitelwinkel des gleichschenkligen Dreiecks in einen Grundwinkel verwandelt, einen der Grundwinkel zum Scheitelwinkel und die Seite, welche durch die letzte Scheidewand begrenzt ist, zur Grundlinie. Hierdurch macht der Scheitelwinkel gewissermaassen eine Drehung im Sinne der Blattstellungsspirale. Eine neue Scheidewand parallel einem der Schenkel des zweischenkligen Dreiecks scheidet wiederum eine paralleltrapezoidische Zelle zweiten Grades von einer neuen Scheitelzelle mit einem kleineren aber ähnlichen Dreieck als freier Aussenfläche, welche letztere auf die beschriebene Weise wieder wachsend und Scheidewände

bildend, ihren Scheitelwinkel stets im Kreise herumdreht (s. Schema 19 u. 20 I, VII a. a. O.).

In der Scheitelzelle von Laub- und Lebermoosen findet Hofmeister das Wachsthum in ähnlicher Weise vor sich gehend; eine Messung, wie sie bei Aspidium möglich, nicht geboten. Da die Blätter bei den genannten Pflanzen schon mit der Anlage in dem geforderten seitlichen Abstande der erwachsenen stehen und jede Zelle zweiten Grades mittelbar eine Blattanlage hervorbringt, so findet sich auch hier, sofern die jüngsten Scheidewände parallel einer der Seiten der zweischenklig dreieckigen Aussenfläche der Terminalzelle verlaufen, für das Wachsthum der letzteren keine andere Erklärung als die von Hofmeister gegebene.

Dieses ist die Anschauung, welche Lorentz die Hofmeister'sche Vorschiebungstheorie nennt; dieselbe verlangt, wie gesagt, dass die jüngsten Scheidewände, welche Zellen zweiten Grades abschneiden, parallel einer der Seiten des 2schenkligen Dreiecks verlaufen, als welches die freie Aussenfläche der Terminalzelle auftritt (Fig. 2, Blattanlage 1, 2, 3). Dieser Anschauung hält wenigstens für Polytrichum, dessen Blätter nach $^3/_8$ des Stammumfangs geordnet sind, Lorentz die Thatsache gegenüber, dass in der Terminalzelle genannter Pflanze die jüngste Scheidewand, beispielsweise c d Fig. 4, schon der Seite a b des Dreiecks a b c in Fig. 4 derart aufgesetzt seie, dass an einen Parallelismus der Seiten c b und c d nicht zu denken, dass vielmehr die Gestalt der Scheitelfläche durch die letzte Scheidewand dahin geändert werde, dass nach gehörigem Auswachsen der ganzen Fläche a d c eine neue Blattanlage durch eine gleichsinnig verlaufende Scheidewand d f Fig. 4 beispielsweise entstehen könne.

Es ist ein derartiger Vorgang wohl denkbar und hat ihn Hofmeister, wie oben erwähnt, auch schon ins Auge gefasst, auch kann man sich die Anordnung der Blattanlagen nach diesem wohl in der Construction klar machen, wie Lorentz angibt; ich finde indess diese Anseinandersetzung unnöthig, da die Lorentz'sche Annahme sich mir in der Natur nach der subtilsten Präparation der Scheitelebene von Polytrichum nicht bestätigt hat. Aus den Abbildungen in der Lorentz'schen Abhandlung Fig. 8 u. 13, verglichen mit meinen Präparaten, ersehe ich, dass in der ersteren die Scheitelzelle gar nicht sichtbar war, sondern in einer viel tieferen Ebene lag; in einem Präparate hingegen, welches die Fig. 13 darstellen soll, sind die Stellungen der äusseren älteren Blätter nie gleichzeitig mit der Scheitelzelle sichtbar.

Fig. 13 seiner Taf. IV zeigt uns annähernd die für den Längeschnitt richtigen Verhältnisse. Es ist leicht, aus dieser Zeichnung und der meinigen (Fig. 1) zu ersehen, dass, wenn man sich eine Ebene in der Höhe zwischen ee' senkrecht zur Ebene der Zeichnung Fig. 1 gelegt denkt, in dieser Ebene die Umrisse der Blattbasen nur aus den Spuren im Schafte erschlossen werden müssen, dass man ein geschlossenes Gewebe der Axe erblicken wird, in dessen Centrum die Basen der jüngsten Blattanlagen und die Theilungen der Scheitelzelle zu liegen kommen. Was Lorentz in Fig. 8 mit t bezeichnet, ist offenbar der Scheitel oder eine dem Scheitel nahe gelegene Partie des jüngsten Blattes. Ich kann nach diesem nicht anstehen, die Auffassung Lorentz's als auf einer Täuschung beruhend zu betrachten, eine Täuschung, welche bei der Schwierigkeit der Präparation, der ungemeinen Dünne, welche Schnitte haben müssen, um in diesem Theile der Pflanze ein klares Bild zu bekommen, nur zu leicht erklärbar ist. Gelingt es, Präparate von der halben Höhe ee' Fig. 1 oder einer noch niederern in diesem Stengelabschnitt zu bekommen, so wird man stets die jüngste Scheidewand parallel einer der Seiten der freien Scheitelaussenfläche verlaufend finden (1 Fig. 2). Diese Figur ist eine möglichst treue Copie eines derartigen Präparates. In der Blattanlage 2 u. 3 erkennt man noch deutlich den ursprünglich parallelen Verlauf der Blattseiten; in 4 und 5 ist je die der jüngeren Blattanlage zugekehrte schmale Seite der rechteckigen Fläche bedeutend verbreitert, die entgegengesetzte durch eine bedeutende Streckung geschärft. Die Stellungsverhältnisse der älteren Blätter endlich sind nur in den reihenförmig angeordneten Zellencomplexen des Stengels und den Gruppen kleinerer Zellen der Blattrippenspur zu erkennen (d Fig. 2).

Bei Untersuchung vieler Individuen zeigte sich mir die merkwürdige Thatsache, dass die Zerrung des Gewebes in der Nähe des Scheitels durch einseitige Verbreiterung der Blattanlage veranlasst wird, sowohl dadurch, dass diese Verbreiterung der Blattanlagen an dem einen Ende vor sich gehen kann, welches der nächstjüngeren zugekehrt ist, bei dem einen, als auch dadurch, dass dieselbe Verbreiterung an dem der älteren Blattanlage zugekehrten Theile auftritt, bei dem andern Individuum; dass die nachträgliche Verbreiterung mithin, sowohl im Sinne des kurzen als auch des langen Weges der Blattstellung eintreten kann. Lorentz's Abbildung Fig. 8 zeigt den gleichen Fall wie meine Fig. 2 und 4. Junge Blätter im Sinne des kurzen Weges verbreitert zeigt Fig. 3. Diese Thatsachen zeigen

hinlänglich, wenigstens für die Verschiebung der Terminalzelle, die Hofmeister'sche Anschauung bestätigt.

Kny behandelte in einer in diesen Jahrbüchern [1]) veröffentlichten Abhandlung Wachsthum und Gabelung der Scheitelregion von Metzgeria, Aneura und Pellia.

Nägeli hatte in einer früheren Untersuchung die Zelltheilungsvorgänge bei denselben Pflanzen schon untersucht, dabei aber den Vorgang der Gabelung nicht näher ins Auge gefasst. Hofmeister [2]) beobachtete die Gabelung durch Theilung der Terminalzelle in zwei gleichwerthig functionirende solche eingeleitet. Kny in seiner exacten Arbeit hat diesen Vorgang nicht beobachten können, dagegen gesehen, dass in einer Zelle zweiten Grades durch weitere Theilungen eine neue Terminalzelle entsteht, welche Anfangs hinter der eigentlichen Terminalzelle zurück, diese bald einholt, und gleichwerthig derselben functionirend, durch nach rechts und links abwechselnd geneigte Wände sich theilend einen neuen Spross bildet.

Die Theilungen, welche Kny beschreibt, und überhaupt die ganze Anlage des neuen Sprosses findet man bei Untersuchung mehrerer Individuen vollständig bestätigt (Fig. 50).

Bei Untersuchung vieler Individuen indess sind mir häufig genug Zustände der 2 Terminalzellen t u. $t_{,,}$ Fig. 50 vorgekommen, welche darauf hindeuten, dass diejenige Terminalzelle, welche durch Bildung zweier Scheidewände aus einer Zelle zweiten Grades m Fig. 50 entsteht, sofort der ursprünglichen Terminalzelle t gleichwerthig functioniren kann. Ist es häufiger möglich, aus der gegenseitigen Lage der Scheitelzellen zu einander und zu der Zelle zweiten Grades, in welcher die zur Zeit minder geförderte Scheitelzelle entstanden, die Kny'sche Auffassung zu constatiren, so ist es indess bei gehäufter Untersuchung nicht unmöglich, Fälle zu finden, welche darauf hindeuten, dass die Gabelung durch eine Scheidewand in der Terminalzelle eingeleitet wird, welche mit der Axe zusammenfallend, auf beiden Laubflächen senkrecht steht (Fig. 51). Ist die Scheitelzelle sehr schmal, so ist allerdings eine Täuschung in Bezug auf den wirklichen Verlauf solcher Scheidewand sehr leicht möglich: oft scheint nämlich dieselbe eine wirkliche Theilung in zwei gleichwerthige Hälften in ersterer zu vollziehen; bei genauer Musterung, bei sehr gesteigerter Vergrösserung gewahrt man indess, dass sie einer der Seitenwände nach unten aufsitzt, und ihre Abweichung von der Rich-

1) IV. p. 64.

2) Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Nägeli und Schleiden.

tung der Axe eine wenn auch äusserst geringe ist. Mit besonderer Rücksichtnahme auf die Möglichkeit dieser Täuschung gelang es mir indess doch, eine wirkliche Zweitheilung nachzuweisen. Eine fernere Bestätigung dieser Einleitung der Gabelung fand ich in dem vollkommenen Gleichgewicht zweier sehr nahe gelegener, durch zarte Scheidewände sich theilender Terminalzellen. Ich halte somit die Gabelung durch wirkliche Zweitheilung der Terminalzelle und in dem für Kny allein statthabenden Sinne für thatsächlich und halte ferner beide, insofern die von Kny geschilderte Erscheinung in einer Zelle zweiten Grades vor sich geht, welche der Terminalzelle dicht angrenzt und sich noch im Zustande des Meristems befindet, für ächte Dichotomie.

Wären bei Metzgeria und Aneura, ausser den keulenförmigen Auswüchsen der Zellen der Unterseite, noch andere Axen niederer Ordnung, Blatt und Haar, zu berücksichtigen, deren Entstehung aus den Zellen des Meristems uns als Anhaltspunkte für Zeit und Ort dienen könnten, so wäre die Möglichkeit vorhanden zu beweisen, dass die von Kny geschilderte Erscheinung eintritt nach Anlegung der Zellencomplexe, welche diesen appendiculären Organen Ursprung geben, dass eine Gabelung des Vegetationspunktes wirklich nicht statt hat. Diejenige Zelle zweiten Grades nun, in welcher sich Theilungen nach der Nägeli'schen Ausdrucksweise

$M^n = M^{n+1} + {}_1P^1$, und die Theilungsweise, welche einer neuen Terminalzelle Entstehung gibt,

$M^n = V^n + {}_1P^1$ vollziehen;

diese Zelle ist, ehe genannte Erscheinungen in ihr auftreten, weder eine Randzelle noch eine Flächenzelle, sondern eine Zelle des Vegetationspunktes, welche, wenn auch nicht immer sogleich (wie ich in einzelnen Fällen nachgewiesen), so doch nach vorhergangenem Wachsthum und einer Scheidewandbildung in der nächsten Nähe der ursprünglichen Terminalzelle als solche functionirt.

Sehen wir einmal in 2 nebeneinanderliegenden Zellen des Vegetationspunktes gleiche Erscheinungen eintreten, in den 2 Zellen, welche durch eine Scheidewand in einer Terminalzelle gleichwerthig auftreten (Kny's ächte Gabelung), und sehen wir ein anderesmal in derselben Terminalzelle des Vegetationspunktes durch eine Scheidewand 2 Zellen auftreten, welche in dem Momente des Entstehens nicht vollkommen gleichwerthig sind, nach einem sehr kleinen Zeitintervall indess vollständig gleichwerthig werden, nachdem eine derselben gewachsen und eine neue Scheidewand in ihr angelegt ist,

welche Vorgänge nicht ausserhalb des Meristemzustandes der beiden Zellen fallen; sehen wir endlich allen diesen Erscheinungen ein ganz gleichmässiges Auftreten beider Sprosse folgen, so haben wir doch keine Veranlassung, beide Erscheinungen von einander zu trennen; müssen solche vielmehr als eine und dieselbe Gabelung des Vegetationspunktes, in ungleicher Intensität eingeleitet, betrachten.

Dieses sind meine Bemerkungen zu den Kny'schen Untersuchungen an Metzgeria. Von Interesse war es mir ferner, die Differenzen seiner Untersuchungen an Pellia mit den von Hofmeister veröffentlichten zu betrachten. Ich habe eine grössere Aussaat angestellt und sind meine Keimpflanzen in bester Entwicklung begriffen. Die Form der Pellia, deren Sporen ich aussäete, war die Form calycina. Die Sporen derselben zeigten schon vor der Aussaat 2 Zellreihen. Fig. 53, 54, wenn auch nicht durchgängig in allen Sporen diese Erscheinung auftrat. Der weitere Verlauf der Zelltheilungen stimmt vollständig mit der von Hofmeister[1]) gegebenen Schilderung derart, dass ich mich auf die Beschreibung einiger interessanten Zufälligkeiten beschränken kann. So zeigt z. B. Fig. 52 zwei verwachsenbleibende Sporen, in welchen die weiteren Theilungen stattgefunden. Dass nach beträchtlicher Streckung der Zellen der mehrzelligen Sporen nach der Aussaat, nach Bildung des ersten Wurzelhaares aus einer gewölbten Aussenzelle des einen Endes, das terminale Wachsthum des entgegengesetzten Endes Fig. 58, nach wenige Male wiederholter Scheidewandbildung der mittleren Zellen c Fig. 55, durch wechselnd nach rechts und links geneigte Wände Anfangs einer Scheitelzelle erfolgt, dafür sprechen alle Ansichten, die ich etwa von 40—50 Keimpflanzen musterte, von welchen Fig. 55—59 z. Th. Copieen sind.

Kommt bei der Aussaat eine Spore in eine unglückliche Lage, sei es, dass sie zwischen 2 harten Körperchen, Steinchen etwa, eingeklammert, sei es, dass sie zu tief in die Unterlage gedrückt wurde, so findet man häufig die Erscheinung, dass beide Enden, das hintere und das Axenende, Wurzelhaare treiben (Fig. 55). Wäre die Keimpflanze irgend geneigt, ihr terminales Wachsthum durch Scheidewandbildung und Wachsthum zu besorgen, welche zur Richtung der Zellreihen c Fig. 55 senkrecht oder parallel laufend wären, so sollte man denken, sie würde dies gerade in dieser Lage am leichtesten thun; da alle nach Aussen, Oben, liegende Zellwände gleichwerthig sind,

1) Vergl. Hofmeister, Untersuchungen.

und die vorhergegangenen Scheidewände entweder der Unterlage parallel oder zu ihr senkrecht verliefen (Fig. 57). Aber auch hier findet sich bestätigt, was Hofmeister für die normal wachsende Keimpflanze anführte. Eine der nach oben gekehrten Zellen wächst sich wölbend in die Länge und theilt sich durch wechselnd nach rechts und links geneigte Wände (Fig. 57 t). Einen auf diese Art durch rasch hintereinander eingetretene mehrfache Theilung in dem angeführten Sinne entstandenen Spross, aus dem Zellencomplexe der Keimpflanze, welcher seine definitive Streckung erreicht hat, sieht man in f c Fig. 59.

In dem weiteren Stadium der Keimpflanze zeigte sich mir aufs Deutlichste die Beeinflussung der Gestalt des Vegetationspunktes durch das verschiedenartige Wachsthumsstreben bereits angelegter Laubtheile unterhalb des Vegetationspunktes. Gehen solche rasch aus dem Meristemzustande in die definitive Streckung ein, so wird eine einzige Scheitelzelle angetroffen, deren Wachsthum und Theilung ganz denjenigen der Scheitelzelle von Metzgeria gleich ist (Fig. 60). Stark in die Breite wachsende Individuen mit relativ gemässigtem Längenwachsthum zeigen die Scheitelgegend von mehreren gleichwerthig functionirenden Zellen eingenommen. Die Wände, welche in solchen Zellen auftreten und senkrecht zu beiden Laubflächen stehen, verlaufen senkrecht oder parallel zur Längsaxe (Fig. 61). Je nachdem die älteren äusseren Zellpartien rascher oder weniger rasch in den Zustand des Dauergewebes übergehen, und das terminale Wachsthum ein intensiveres oder gemilderteres ist, tritt eine grössere oder kleinere Beugung des terminalen Gewebes ein. Die centrale Zone jüngster Gewebetheile wird nach Aussen concav gebogen, die äusseren Lappen können dadurch selbst über dem Vegetationspunkt zusammenneigen (Fig. 62). Möge nun das terminale Wachsthum durch eine oder mehrere Zellen geschehen sein, möge das Breiten- oder Längenwachsthum das zur Zeit gesteigertere gewesen sein, im nächsten Stadium tritt in dem Vegetationspunkte (c Fig. 62) eine gesteigerte Zellvermehrung ein, die beiden Lappen links und rechts (von c Fig. 63) werden auf die Seite geschoben und es tritt ein Lappen in der Einbuchtung auf mit selbstständiger Verbreiterungsfähigkeit durch Zelltheilung seines Randes. Die ersten Anfänge dieses Lappens können übersehen werden, wenn die Laubränder links und rechts vom Vegetationspunkt nach der Längsaxe und über diese concav übergreifen und dadurch der terminale Theil der Pflanze in der Längsrichtung nach Aussen concav ist.

Das Wachsthum dieses Lappens (Fig. 63) ist ein begrenztes. Das Erlöschen der Zelltheilungen beginnt am oberen Rande und schreitet beiderseits nach den Winkeln (t. t. Fig. 63) fort. Hier liegen nunmehr die Vegetationspunkte der Pflanze. Je nachdem das Wachsthum des Mittellappens in die Länge mehr oder weniger intensiv ist, wird er mehr oder weniger deutlich in den weiteren Stadien in die Erscheinung treten; das Vorderende der Pflanze ist dreilappig mit dem Sitz der intensivsten Zellvermehrung in den 2 Einbuchtungen (t. t. Fig. 63). Ist das Breitenwachsthum des Mittellappens ein gesteigerteres, bei gesteigertem Längenwachsthum des in den Einbuchtungen entstandenen Gewebes, so verschwindet der Mittellappen mehr oder weniger, der Vorderrand wird dadurch zweilappig. In den Vegetationspunkten der zwei Lappen sieht man dann aber stets wieder das Auftreten eines Mittellappens (Fig. 64). Endlich, erlischt in einer der zwei Einbuchtungen des dreilappigen Randes die vegetative Thätigkeit, so erscheint bei Weiterentwicklung des Mittellappens der Vorderrand zweilappig. Beide Lappen sind dann aber der Entstehung nach ungleichwerthig, indem einer der fehlschlagenden Seitenlappen durch den Mittellappen vertreten wird. Mit dem Auftreten aus dem Vegetationspunkt entspringender Mittellappen zu beiden Seiten des allerersten erscheint dann in dem normalen Falle der Vorderrand bestehend aus: links und rechts einem Seitenlappen älteren Ursprungs, sodann folgen links und rechts, nach innen fortgehend, Vegetationspunkte (t Fig. 64), sodann links und rechts Mittellappen jüngeren Ursprungs, nach diesen wieder Vegetationspunkte jüngeren Ursprungs, sodann Seitenlappen jüngeren Ursprungs und im Centrum ein Mittellappen ältesten Ursprungs, oder eine grosse Bucht im Falle die Längsentwicklung beider Sprossen eine gesteigerte war (Fig. 64).

Der Vegetationspunkt von Pflanzen mit decussirter Blattstellung.

Da ich in den folgenden Untersuchungen an Pflanzen mit decussirter Blattstellung an jeder derselben eigenthümliche individuelle Verhältnisse zu berücksichtigen habe, so ziehe ich vor, jeder einen eigenen Abschnitt zu widmen.

Fraxinus excelsior L.

Die vier jüngsten, zweien mit der Prosenthese $^1/_4$ aneinandergereihten Wirteln angehörigen, Blattanlagen umschliessen einen flachen

Hügel mit rechteckiger Grundlage, den Vegetationspunkt Fig. 12, 14. Die Oberseitenkanten der Blätter des jüngstdifferenzirten Wirtels bilden die kleinen Seiten dieses Grundrisses. Zur Erlangung eines Einblicks in die Wachsthums- und Theilungsvorgänge der Zellcomplexe, welche den Scheitel des Vegetationspunktes zusammensetzen, bedarf es der zartesten, die Dicke einer Zelle nicht überschreitenden Längs- und Querschnitte. Bei genauester Musterung derartiger Präparate von träge vegetirenden Knospen (Ende Februar) gelang es mir nie, bei vollständiger Klarheit und der nöthigen Durchsichtigkeit derselben, eine einzige terminale Zelle im flachen Vegetationshügel zu finden; stets bestand der Scheitel aus einem Complexe von 10—20 grossen Zellen mit rechteckigen oder quadratischen Aussenflächen (Fig. 7 u. 9). Die Theilungen in denselben gingen stets durch Scheidewände vor sich, welche einer der Seiten parallel oder senkrecht aufgesetzt verliefen. Fig. 9 u. 10 d. d. Diejenigen Zellen, welche von dem genannten scheitelständigen Complex t Fig. 10 durch die beschriebenen Scheidewände nach aussen abgeschieden, wachsen zunächst in tangentaler Richtung und theilen sich durch zu dieser senkrecht gerichtete Scheidewände. In den Tochterzellen nächst höherer Grade tritt sodann eine auffallende Theilungsfähigkeit in radialer (mit der Richtung der Blattmediane zusammenfallender) Richtung ein; 2 sich im Scheitel t Fig. 10 kreuzende, mit den Blattmedianen zweier Wirtel zusammenfallende Richtungen fallen durch diese Theilungsvorgänge zunächst in die Augen, nach welchen die Zellen höherer Grade in Reihen geordnet sind. In zwischen diesen Richtungen liegenden Reihen ist eine bestimmtere Anordnung nicht ausgesprochen. Während die Aussenfläche dieser Zellen in der Nähe des scheitelständigen Complexes grosser Zellen, nahezu isodiametrisch, ist sie in der Nähe der Basis der Blätter des vorjüngsten Wirtels bedeutend in Richtung der Bauchseitenkante solcher gestreckt. Ihr Durchmesser erreicht in dieser Zone ungefähr das 4fache des Durchmessers in radialer Richtung, s. Zone b. Fig. 10.

Die Anordnung der Zellen höherer Grade durch Theilung einer der scheitelständigen entstanden, ist eine strahlige um diese herum, nach den Blattoberseiten der 2 jüngsten Wirtel; dieselbe wird bei der Anlegung der nächstzuentstehenden 2 Blätter verwischt in der Zone b c Fig. 10. In dieser Zone treten nachträgliche, der Blattanlage ursprunggebende Theilungen ein, während in Richtung der Mediane der Blätter f des letzten Wirtels die reihenweise Anordnung nicht gestört wird. In der Richtung der Mediane des Blattes F und des

gegenüberliegenden in der Zeichnung weggelassenen deutet lebhafte Zelltheilung eine neue Wirtelanlage an. In die Zone b c parallel der Oberseite des Blattes F kommt das eine Blatt des jüngsten Wirtels zu liegen, die Zone a b in derselben Richtung ist das zwischen 2 Blättern eingeschlossene Gewebe, aus welchem später der Axilarspross sich erhebt, Fig. 8 b b. Während sich die jüngsten Blattanlagen in der genannten Zone erheben, dehnen die jungen differenzirten Blattanlagen f und die gegenüberliegende durch ein rasch sich steigerndes Breitenwachsthum die angrenzenden Meristemzellen in Richtung dieses Wachsthums. Die der Blattfläche zugekehrte Seite der Zelle f wird verbreitert, die ursprünglich zur Zeit der Anlegung des Blattes isodiametrischen Zellen der Zone b c, welche nicht in die Blattanlage eingehen, werden, in Bezug auf den Stengel, in tangentaler Richtung gedehnt und bekommen das Ansehen der die Zone b bildenden Zellen. Fig. 8.

Wie schon erwähnt, geht das Wachsthumsstreben des Vegetationspunktes, in der Nähe des Scheitels auf eine Erweiterung nach 2 sich kreuzenden Richtungen hinaus, Richtungen, welche mit der Mediane der Blätter zusammenfallen. Man findet nun bei gehäufter Untersuchung der freien Aussenfläche der scheitelständigen grossen Zellen deren Ausdehnung fast niemals nach allen Richtungen gleich, in der Regel findet man die grösste Ausdehnung parallel oder senkrecht der Mediane der Blätter des jüngsten Wirtels. Die Scheidewände, welche die intensivste Zelltheilung in diesem scheitelständigen Zellcomplex andeuten, verlaufen dann stets zur Richtung dieses bevorzugten Wachsthums senkrecht. Selten findet man die freie Aussenfläche der scheitelständigen Zellen genau quadratisch.

Diese Thatsachen genügen, zu zeigen, dass das intensive Wachsthum der Scheitelfläche nach 2 diametral entgegengesetzten Richtungen zunächst eine Erweiterung derselben herbeiführt; dass nach Ueberschreiten eines gewissen Grössenmaasses, durch nachträgliche Zelltheilungen, welche sich einer genauen Controle zu entziehen scheinen, die Blätter des jüngsten Wirtels entstehen; dass hiermit aber auch der Weiterausdehnung der Scheitelfläche in den bis jetzt eingehaltenen Richtungen Einhalt gethan wird, indem 2 neue Scheitelflächen in der Nähe des Axenendes, die der beiden Blätter sich erheben und selbstständige die Scheitelregion beeinflussende Wachsthumserscheinungen zeigen. Die nächstliegende Wirkung der Blattanlagen auf angrenzende Meristemzellen haben wir schon betrachtet; dass die eingetretene Streckung der Zellen der Zone a b Fig. 10 und

die eben eintretende der die Blattanlage f angrenzenden Zellen in tangentaler Richtung Folge des in höherem Maasse als im Stammscheitel eingehaltenen Breitenwachsthums der Blattanlage ist, ist nicht zu bezweifeln. Sei es nun für die scheitelständigen Zellen t Fig. 10, dass die in ihnen letztgebildete Scheidewand 2 quadratische Zellen schuf, sei es, dass die rechteckige Form durch ein momentan gesteigertes Wachsthum einer Seite der freien Aussenfläche solcher Zellen in die quadratische übergeht, die Beobachtung zeigt, dass diese letztere Gestalt durchlaufen wird, wenn auch in kurzem Zeitraum, ehe ein bevorzugtes Wachsthum in Richtung der Mediane des nächstentstehenden Wirtels eintritt, ehe die grösste Längsausdehnung derselben der Oberseite der jüngstdifferenzirten Blätter parallel läuft. Ein neues Wachsthumsstreben, dessen Richtung zu dem des betrachteten senkrecht verläuft, verbreitert unter lebhafter Zelltheilung, mit zur Richtung der grössten Ausdehnung der Scheitelzellen senkrecht verlaufenden Wänden, die Vegetationsfläche beiderseits, bis auch hier Ueberschreitung eines gewissen Maasses die Anlegung eines jüngsten Wirtels veranlasst.

Ich fasse nach dem Gesagten das Umsetzen der Richtung des Haupterweiterungsstrebens der rechteckigen Scheitelfläche aus Richtung t F und t F 1, Fig. 14 in Richtung t f und t f 1 folgendermaassen auf. In einem Zeitpunkte vor Erhebung der Blattanlagen F u. F 1 hatte die Scheitelfläche das Streben einer Erweiterung nach den genannten Richtungen t F u. t F 1, die Hauptscheidewände der Scheitelzellen verliefen senkrecht zu dieser Richtung. Mit dem Erheben der Blattanlagen F u. F 1 mit selbstständigem Längenwachsthum mag dieselbe Richtung des Wachsthumsstrebens der Scheitelfläche noch eingehalten worden sein. Die Blattanlagen F u. F 1 zeigen aber vor Allem ein bedeutendes Breitenwachsthum, welches, da ihr Areal mit dem der Scheitelfläche t f in festem Verband steht, eine nothwendige Erweiterung des letzteren nach der Richtung t f u. t f 1 zur Folge haben muss. Das Wachsthumsstreben derselben nach den Richtungen t f u. t f 1 u. t F, t F 1 mag in einem gegebenen Zeitpunkt gleich sein. Dann aber tritt ein Uebergewicht der beiden ersteren Richtungen ein; sodann ein Ueberschreiten desselben Maasses, welches den Blattanlagen F u. F 1 den Ursprung gab und mit diesem Ueberschreiten das Selbstständigwerden der Blattanlagen f f 1. Durch ein diese Vorgänge begleitendes Wachsthum des Vegetationspunktes in Richtung der Axe werden die älteren Blattanlagen F F 1 demselben ferner zu liegen kommen als die jüngeren f u. f 1, und werden einen

schwächeren Einfluss auf die Richtung des Wachsthumsstrebens der Vegetationsfläche ausüben, und in Folge dessen legen diese nun ihrerseits diese Richtung um. Dass die Zelltheilungserscheinungen der Scheitelfläche mit dieser Auffassung nicht im Widerspruche stehen, wird jedem einleuchten. Ueber Zahl und Theilungsverhältnisse der ursprünglich in eine Blattanlage eingehenden Zellen konnte ich trotz aller Anstrengung, der bedeutenden Kleinheit derselben wegen, keinen näheren Aufschluss erhalten.

Die Anordnung der Scheitelfläche, wie ich sie bis jetzt geschildert, ist indess nicht für die ganze Dauer der Vegetationsperiode dieselbe. Der gestaltbedingende Einfluss von 4 Blättern dauert bis zur Steigerung des Wachsthums bereits angelegter Blätter, bis zur Entfaltung und Oeffnung der Knospe. Entfalten sich in warmen Apriltagen die äusseren Blattwirtel rasch, tritt eine nachträgliche Streckung der Internodien ein, so wird der flache Vegetationshügel rasch steiler und den Basen bereits angelegter Blätter schnell entrückt, das Areal der Scheitelfläche wird ein kleineres als zur Zeit der trägeren Entwicklung und ist nun begrenzt durch die Berührungskanten der Oberseiten nur zweier Blätter (Fig 13). Durch die rasche Weiterentwicklung jeweiliger nächster Blattanlagen und das gesteigerte Maass des Längenwachsthums des Vegetationshügels selbst werden aber auch in der Anordnung der Scheitelflächenzellen und der Blätter Umänderungen von der auffallendsten Art hervorgerufen. Die Zone b c zunächst Fig. 10, die während der Zeit träger Vegetation in die Augen fiel, kommt nun für die jeweilige Blattanlage tiefer zu liegen, dadurch, dass die in ihr entstehenden Blattanlagen ruckweise in kürzerer Zeit sich entwickeln und dadurch, dass der bleibende Theil des Vegetationshügels rascher in die Länge wächst. Die strahlige Anordnung in radialer Richtung der Zellen höherer Grade tritt deutlich allseitig ein (Fig. 11 u. 13). Der Complex scheitelständiger Zellen, in welchem Theilungen nach zwei sich unter rechtem Winkel kreuzenden Richtungen vorgingen, ist reducirt auf eine einzige bevorzugt wachsende Scheitelzelle (Fig. 13 t).

Sämmtliche Zellreihen strahlen nun von dieser aus in radialer Richtung (Fig. 13 c d f g e), wie vormals von einem Complex mehrerer solcher (Fig. 10).

Sowie bei dem früher besprochenen Complexe dieser gleichwerthig functionirenden Zellen eine Umlegung des Hauptausdehnungsstrebens durch die wachsenden Blattanlagen beobachtet wurde, ebenso tritt diese Umlegung bei dieser einzigen Scheitelzelle ein. Fig. 11 t

und Fig. 13 zeigen deutlicher, wie Worte es thun können, dieses auffallende Verhältniss. F F i bedeuten in beiden Zeichnungen die beiden jüngst differenzirten Blätter. War die Gestalt der Grundlage des Vegetationshügels ein Quadrat oder Rechteck, begrenzt von den Oberseiten von vier Blättern, so ist sie jetzt die einer Ellipse, begrenzt von den Oberseiten der 2 Blätter des jüngsten Wirtels (Fig. 13).

Diese ganze kleine Umwälzung der Anordnung kann wie bei dem raschen Hereinbrechen entwickelungsgünstiger Witterungsverhältnisse in diesem Jahre in wenigen Tagen vor sich gehen. Ja es ist leicht, den Uebergang in Märztagen zu verfolgen, wenn man Fraxinuszweige in dem Vermehrungskasten im Warmhaus aufstellt. Kommen dieselben zum Ausschlagen, so erhält man an den Knospen Scheitelansichten wie Fig. 13 mit einer einzigen Scheitelzelle, während die Knospen desselben Baumes, von welchem die Stecklinge genommen, im Freien noch träge vegetirend, Ansichten bieten, wie aus Fig. 10 zu ersehen ist. Jetzt ist es auch leichter, einen Einblick in die Zelltheilungsverhältnisse zu gewinnen, welche in der Nähe der Scheitelzelle statthaben. Eine von der Terminalzelle abgeschiedene Zelle zweiten Grades (Fig. 13) gewinnt zunächst an Ausdehnung in tangentaler Richtung, und wird sodann durch eine Scheidewand in 2 Zellen zerlegt, von welchen jede diese Wachsthumsweise wiederholen kann. Meist indess wachsen und theilen sich diese 2 Zellen dritten Grades in radialer Richtung und geben keilförmigen Zellreihen c f g Fig. 13 Entstehung. In der Regel lassen sich zwei solcher Reihen auf eine Zelle zweiten Grades im Scheitel zurückführen (Fig. 11, 4,4, 3 und 1,2. 1,2).

Der Uebergang des Zustandes des Vegetationshügels, in welchem mehrere gleichwerthige grosse Zellen im Scheitel functioniren, in denjenigen, in welchem eine einzige solche Zelle den Scheitel einnimmt, ist dadurch zu erklären, dass die Theilzellen dieses Complexes in einem gesteigerten Maasse der Geschwindigkeit in Blattanlagen eingehen, dass diese Blattanlagen und die ihnen unterliegenden Internodien in eben solchem Maasse in Richtung der Axe wachsen, wodurch die Scheitelebene des Vegetationshügels verkleinert wird. (Man vergl. Fig. 10, 11 u. 13.) Hat eine Knospe die Vollzahl ihrer Wirtel erreicht, haben sich sämmtliche Wirtel unter den oben angedeuteten Verhältnissen rasch gestreckt, so tritt ein Sinken der Thätigkeit im Vegetationsscheitel ein, eine Verzögerung der Blattanlegung, eine Vergrösserung des Areals der Scheitelfläche. Fig. 11

zeigt die Scheitelfläche einer Knospe nach der Entfaltung der 3—4 Wirtel. Während bei dieser die nächstinneren Blattwirtel noch in träger Entwicklung begriffen sind, nimmt der Vegetationspunkt an Ausdehnung zu. Eine in die Augen fallende Erscheinung in dem Scheitel dieser Knospe ist das Gleichwerthigwerden einer Zelle zweiten Grades mit der (4—6 Tage früher) einzigen Scheitelzelle (Fig. 13). Die 4 Zellen angrenzende Wand c d e ist offenbar eine die einzige Scheitelzelle (t Fig. 13) zweitheilende Wand gewesen. Die durch diese abgeschiedene Zelle zweiten Grades gewann an Ausdehnung und wurde der Scheitelzelle gleichwerthig, was sich darin äusserte, dass beide durch gleichlaufende Scheidewände getheilt erscheinen, welche den Anlage-Orten der Blätter des zu entstehenden Wirtels (f f 1 Fig. 11) zugekehrt sind. F F_1 sind die Blätter des deutlich differenzirten jüngsten Wirtels.

Diese Thatsachen zeigen in auffälligster Weise die Beeinflussung der Wachsthumserscheinungen des Vegetationspunktes durch diejenigen der Theile des Meristems, aus welchen Blattanlagen entstehen.

In einer andern Hinsicht bietet indess die Steigerung der Geschwindigkeit der Entwicklung von Blattanlagen und Axenende noch eine Einsicht in den Vorgang der Blattanlegung, welche während der Zeit träger Vegetation nicht zu gewinnen ist.

Während nämlich zu der Zeit der Anlegung der Knospenschuppen, welche den eigentlichen fiederigen Laubblättern vorausgehen (im Januar und Februar), eine Verschiebung der Mediane solcher Blätter auf Knospenquerschnitten (Fig. 14) nicht wahrnehmbar ist, während ferner solche Blätter simultan zu entstehen scheinen; sieht man bei Anlage der ersten Laubblätter zunächst eine Verschiebung der Medianen zweier Blätter eines Wirtels aus der Richtung des Fadenkreuzes m n o p Fig. 12 nach rechts oder links, nach oben oder unten, und ferner das nicht simultane Auftreten zweier Blattanlagen eines Wirtels (s. 2 Fig. 12). Bei den erwachsenen Knospenschuppen zeigt sich diese Verschiebung undeutlich, während bei den erwachsenen Laubblättern dieselbe sehr in die Augen fällt. Es deuten diese Thatsachen darauf hin, dass das Intervall zwischen der Anlage je eines Blattes eines Wirtels bei ersteren verschwindend klein, dass die Intervalle zwischen der Anlage der ganzen Schuppenwirtel hingegen sehr gross waren, während bei der Anlegung der Laubblätterwirtel im Gegentheil das Intervall zwischen den Blattanlagen merkbar gross und dasjenige zwischen den Wirteln verkleinert ist Die Verkleinerung des letzten Intervalls ist natürlich bedingt durch die

Steigerung der Vegetationsfähigkeit in Folge der Witterung, während das Intervall zwischen 2 Blattanlagen eines Wirtels als eine für das Individuum constante Grösse zu betrachten ist.

In dem Knospenquerschnitt (Fig. 12) fallen die Medianen je der älteren Blätter der 4 Wirtel 6, 10, 4, 8 in Linien zusammen, welche mit Linien, in welchen die jüngeren Blätter 3, 7, 5, 9, sich nicht unter rechtem Winkel kreuzen. Das Fadenkreuz m n o p, dessen Schnittpunkt mit dem Vegetationspunkt zusammenfällt, möge zur Versinnlichung dieses Verhältnisses dienen. Derselbe Querschnitt zeigt ferner, dass die Mediane des erstentstandenen Blattes (2) des jüngsten Wirtels (Blatt 1 ist noch nicht differenzirt) mit der Linie o p zusammenfällt. Da nun in dem Zeitpunkt, in welchem das Blatt 1, das jüngste eines Wirtels, angelegt wird, die Linie o p auch mit der Mediane dieses Blattes und dem Vegetationspunkt t Fig. 67 zusammenfällt, so muss ausser den Schwankungen in der intensivsten Wachsthumsrichtung, welche den Blättern 6 u. 5, 2 u. 1 Entstehung gibt, noch eine solche stattfinden, welche die Mediane der Blätter verschiebt. Ein Verhältniss, welches ich unten bei Dianthus ausführlicher auseinander zu setzen habe, da dort das gesteigerte Längenwachsthum des Vegetationskegels diese Einsichtnahme erleichtert. Ich will nur hier noch auf Verhältnisse aufmerksam machen in der Scheitelfläche von Fraxinus, welche in der treuen Copie eines guten Präparates Fig. 11 zu erkennen sind. Das Blatt, welches rechts angrenzt, F i ist das ältere, das links angrenzende das jüngere F. Die innerhalb der Linien 1, 1, 2, 2 nach F i hin liegenden Zellreihen, welche von dem Scheitel ausgehen, fallen mit der Mediane des älteren Blattes F 1 zusammen, dagegen liegen auf ihrer Verlängerung die Scheitelzellen c d e nicht mehr, offenbar mussten letztere einmal in dieser Richtung liegen. Für die andere Seite münden die Reihen 3, 4, 4, welche mit der Mediane des jüngsten Blattes F zusammenfallen, im Scheitel in den Complex der Scheitelzellen c d e. Auf der Seite F sind die Theilungen solcher Reihen nicht so weit gediehen, wie auf Seite F i. Letztere ist mehr und engreihiger als erstere. Ferner kennzeichnet die Seite des Hügels, welche der Oberseite des älteren Blattes zugekehrt ist, eine grössere Ausdehnung, Folge des bis zur Zeit schon länger dauernden dehnenden Einflusses der selbstständig nach Erweiterung strebenden Blattanlage F i.

Die dreigliedrigen Wirtel mit der Prosenthese $^1/_6$.

Das Abgliedern der Scheitel mehrerer Blattwirtel hintereinander, die unbedeutende Streckung der Internodien während dieses Vorgangs in Richtung der Axe, die geringe Höhendifferenz mehrerer Wirtel übereinander zur Zeit der Entstehung machen die Erforschung des Uebergangs des zweigliedrigen in den dreigliedrigeu Wirtel schwieriger. Ich fand bei Fraxinus ein einziges Mal einen Vegetationspunkt mit dreigliedrigen Wirteln, welche nach der Prosenthese $^1/_6$ angeordnet (Fig. 15) waren. Die Abbildung der Scheitelfläche dieser Knospe zeigt im Centrum dieselben scheitelständigen Zellen. Die Richtung der Scheidewände einiger dieser Zellen (d d Fig. 15) fallen im Augenblicke unserer Musterung senkrecht zur Richtung der Mediane des Blattes f_1, deuten mithin auf ein bevorzugtes Wachsthum in Richtung eines der Blätter des neu zu entstehenden Wirtels hin, während die Zellcomplexe c und $c_,$ (Fig. 15) die Anlage der beiden übrigen Blätter desselben Wirtels andeuten. Nimmt man letztere Zellcomplexe als aus dem Zustande der Theilzellen d d entstanden an, so deutet die ganze Scheitelfläche darauf hin, dass die Hauptwachsthumsrichtung der scheitelständigen Zellen nach um 120° divergirenden Richtungen umspringe und die Zeitpunkte der ursprünglichsten Blattanlegung je um ein Geringes auseinander fallen.

Das Längenwachsthum des Vegetationshügels vollzieht sich in der einfachsten Weise. Die Zellen theilen sich durch Wände, welche der freien Aussenfläche parallel verlaufen und dem Wachsthum der Zellen des Meristems in Richtung der Axe folgen. Die hierdurch hervorgerufene regelmässige reihenweise Anordnung der Zellen des Meristems in Richtung der Axe wird erst im dritten Internodium durch eine von dieser Art des Wachsthums abweichende Streckung, Theilung und Anlegung von Gefässbündeln verwischt.

Viscum album.

Während man bei Fraxinus, während der Anlage mehrerer Wirtel, durch ein geringes Längenwachsthum der Internodien bedingt die Blattanlagen zweier Wirtel die Gestalt der freien Aussenfläche der Endknospe beeinflussen sieht, ist bei der Endknospe von Viscum die Anlage je eines Wirtels von der des nächstfolgenden durch eine Streckung der Axe geschieden, derart, dass immer nur die Anlagen der 2 jüngsten Blätter dieselbe allseitig einschliessen (Fig. 26 t). Die Gestalt des Vegetationspunktes ist die eines in Richtung der Blatt-

breite vorzugsweise gestreckten Hügels (t Fig. 26 — die Scheitelansicht desselben. Fig. 33, 39 die Längsansicht von der breiten Seite. Fig. 35 von der schmalen Seite gesehen). Abweichende Gestalt von der angegebenen zeigt dieser Vegetationskegel, wenn die Blätter in dreigliedrigen Wirteln geordnet sind, oder wenn Schwankungen zwischen zwei- und dreigliedriger Anordnung eintreten. Verhältnisse, welche ich später zu besprechen wünsche, nachdem ich die Wachsthumserscheinungen des zweigliedrigen Wirtels des häufigeren erörtert haben werde.

Der Vegetationspunkt des zweigliedrigen Wirtels.

Die Oberseiten der Blätter des jüngsten Wirtels schliessen den schon beschriebenen Zellhügel allseitig ein (Fig. 23 t, Fig. 22). Derselbe ist aus 3—4 Zellschichten in Richtung der Axe zusammengesetzt, welche als Urmeristem gleichwerthig functioniren (Fig. 33, 35). Hat man durch Herstellung dünnster[1]) Schnitte den Scheitel dieses Hügels abgetragen, so wird man stets die freie Aussenfläche der Zellen, welche den Scheitel einnehmen, von Gestalt eines Rechtecks oder Quadrates und schwach gewölbt finden. Fig. 34, 36, 37 sind derartige Präparate, F F 1 die angrenzenden Blätter. Die neuen Scheidewände, welche in denselben zur freien Aussenfläche senkrecht verlaufen, in Richtung der Axe senkrecht aufgesetzt sind, laufen stets einer der Seiten der rechteckigen Aussenfläche parallel, die Hauptrichtungen, nach welchen die Scheitelfläche zich zu erweitern strebt, kreuzen sich wie die Blattmedianen zweier hintereinander gelegener Wirtel.

Am strengsten findet man diese Regelmässigkeit der Theilung in denjenigen Scheitelzellen durchgeführt, welche in einer Zone beiderseits der Mediane der jüngsten Blätter liegen, h k m l, Fig. 24,

1) Wiewohl die Scheitelregion von Viscum relativ grosszellig ist, bietet die Herstellung guter Präparate doch dadurch Schwierigkeiten, dass alle Zellen mit Viscin erfüllt sind, welches im Wasser sich zu Klumpen ballend aus nicht aufgeschnittenen Zellen nicht zu entfernen ist und die Ansicht solcher bedeutend undeutlich macht. Es ist deshalb unumgänglich nöthig zur Erlangung guter Scheitelansichten, den Scheitel so dünn abzutragen, dass alle Zellen durch den Schnitt geöffnet werden, eine nicht leichte Aufgabe. Aus derartigen Schnitten entfernt man die zähen elastischen Klumpen durch Sammeln mit der Nadel. Leicht kleben die einzelnen Zellinhalte, wenn das Präparat kurze Zeit (5—10 Minuten) in Wasser gelegen, zusammen und können mit der Nadel unter der Präparirlupe herausgezogen werden. Hartnäckig anhaftende Partikel der genannten Substanz kann man dann durch Auswaschen mit Salpetrigsäure-Aetherspiritus (Spiritus nitri dulcis der Officinen) entfernen.

Fig. 36. Verschiebungen der genannten Wände aus der Richtung in besagter Zone, wie sie in der Nähe der Ecken i i auftreten (Fig. 36), sind offenbar secundäre Erscheinungen, deren Ursachen im Wachsthumsstreben des Blattrandes zu suchen sind, m m Fig. 34.

Würde die Scheitelfläche des Vegetationshügels (Fig. 36 u. 37) durch Wachsthums- und Theilungsvorgänge nach 2 sich unter rechtem Winkel kreuzenden Richtungen sich frei ausbreiten können, so wäre jedenfalls, wenn dieses Wachsthumsstreben nach beiden Richtungen das gleiche Maass einhielte, wenn dasselbe ferner nach beiden Richtungen ein unbegrenztes wäre, der Umriss der freien Aussenfläche des Vegetationspunktes der eines Kreises. Diesen erforderlichen Bedingungen ist indess nicht genügt. Die beiden genannten Richtungen werden nicht mit gleichem Maass eingehalten. Wenn in der geförderteren Richtung die Ausdehnung der Scheitelfläche ein gewisses Maass überschritten hat, zerfällt dieselbe in 3 verschiedene Gebiete, von denen 2 gleichwerthig die Scheitel der jüngsten Blattanlagen bilden und die mittlere als Vegetationsfläche allein zurückbleibt (Fig. 24).

Die geförderte Richtung des Ausdehnungsstrebens ist stets den Blattflächen des jüngst differenzirten Wirtels parallel (i i Fig. 36 u. 37 Pfeilrichtung). Hat die Scheitelfläche in dieser Richtung das angedeutete Maass überschritten, so tritt die Differenzirung der den Punkten i i benachbarten, nahe gelegenen Flächenstücke ein. Ein Vorgang, der von der Scheitelfläche betrachtet sich nur dadurch verräth, dass in den Zellen solcher Flächenstücke die neu auftretenden Scheidewände mehr und mehr von dem bisher so regelmässigen Verlauf senkrecht zu einander abweichen, dass sich Wachsthums- und Theilungsvorgänge in den Zonen i i vollziehen, welche sich der genaueren Controle entziehen (Fig. 24). In der Zone indess, welche mit der Mediane der Blätter des vorhergegangenen Wirtels zusammenfällt (F F 1 Fig. 26, h k m l Fig. 24), dauert Wachsthum und Scheidewandbildung in dem Eingangs erwähnten Sinne fort.

Der Vegetationsscheitel hatte (um das Gesagte an den Figuren zu demonstriren) im Anfange unserer Betrachtung die Gestalt der Fig. 34 i i_1. Er wuchs in Richtung der Fläche durch Dehnung und Scheidewandbildung der Scheitelzellen zu dem Areal i i_1 Fig. 36 und zerfiel von nun an in 2 gleichwerthige Scheitelstücke h i m und k i, l (die Blattscheitel) und in eine bleibende Scheitelfläche h k l m Fig. 24. Eine Fläche, deren Wachsthumsstreben wiederum 2 ungleich geförderte Richtungen einhält, welche wohl mit den Richtungen i i und k l

zusammenfallen, von welchen aber die gefördertere zu der vormals geförderteren senkrecht verläuft. Dass die 3 neu aufgetretenen Scheitel in Bezug auf das Längenwachsthum sich verschieden verhalten, braucht wohl nicht betont zu werden.

Ehe ich zur Besprechung der Erscheinungen in Ebenen parallel der Axe übergehe, möchte ich einige Worte zur Berichtigung des Ausdrucks „Wachsthumsrichtung“ der Scheitelfläche einschalten. Es hängt diese Erörterung mit der Frage zusammen: „werden beide Blätter eines Wirtels simultan angelegt?“

Bei gehäufter Untersuchung der Scheitelfläche von Viscum findet man leicht, dass ein bestimmtes Verhältniss in dem Wachsthumsstreben nach der Richtung i_1 und $f f_1$ Fig. 36 besteht. Es ist wohl unmöglich, Messungen behufs des Ausdrucks solchen Verhältnisses in Zahlen anzugeben, da die Scheitelebene immer stark gewölbt ist und je nach der Dicke des Präparates eine grössere oder kleinere Zahl von Zellen der Zählung unterliefe, welche nicht zur Rechnung gehörte. Die blosse Musterung des Scheitels zeigt genügend, dass die Richtung $i i_1$, die bevorzugte, stets zur Mediane der Blätter eines deutlich differenzirten Wirtels senkrecht verläuft. Dass die wesentlichen Zelltheilungen im Scheitel selbst vor sich gehen (s. Zone $f f_1$ i, Fig. 36, k k m l Fig. 24), ist ebenfalls leicht nachzuweisen. Nichts macht es in allen diesen Erscheinungen der Scheitelebene möglich zu beobachten, dass die Partie i früher angelegt werde als i_1, dass eine Schwankung in der Wachsthumsrichtung nach links und rechts stattfinde im Sinne der Bewegung eines Pendels, in welcher der eine Ausschlag die Anlage der Partie i, — die eine ursprüngliche Blattanlage, — der andere Ausschlag die Anlage der Partie i_1, die zweite ursprüngliche Blattanlage bedeute. Es scheint hingegen, dass die Erweiterung der Scheitelfläche nach genannten Punkten hin in verschwindend kleinen Zeiträumen hintereinander geschehe. Eine Bewegung im Sinne zweier gleichzeitig divergirenden Pendel aus einer Gleichgewichtslage nach um 180° divergirenden Richtungen. Dieses gilt sowohl für die Erweiterung des Areals in der Richtung i, als auch für die in den beiden Ecken i_1 beginnende und nach der Scheitelzone hin fortschreitende nachträgliche Zelltheilung, welche den Blattanlagen Ursprung gibt. Fig. 24.

Längenwachsthum.

Wenden wir uns nach Erörterung des Wachsthums der Scheitelfläche zu den Erscheinungen, welche dasselbe in der Längsansicht

begleiten. Hat die Scheitelfläche in Richtung des Breitenwachsthums der jüngst differenzirten und in Entwicklung begriffenen Blätter das Maximum ihrer Ausdehnung erreicht, so geben zarte Längsschnitte, parallel den Flächen solcher Blätter durch den Vegetationshügel geführt, Ansichten wie Fig. 39, b b Basen der denselben in seiner ganzen Ausdehnung einschliessenden Blätter. Die auffälligste Streckung des Organs hat sich in Richtung der Axe in den 2 obersten Zellschichten oberhalb der Zone h h, Fig. 39 vollzogen. Die auffälligste Wandbildung, in zu letzterer senkrechten Richtung, findet sich in Zellen der Zone unterhalb der Linie h h, in den Zellencomplexen 1, 1 und 2, 2, Fig. 33. In der Nähe der schmalen Seiten des Hügels i i, Fig. 39 ist die Richtung der Längswände eine zur Axe etwas geneigte. Die Scheidewände, welche letzteren senkrecht aufgesetzt sind, fallen demgemäss auch nicht mit der Horizontalen zusammen. Die grösste Längsdehnung fällt augenscheinlich der Mitte des Zellencomplexes zu, welcher zwischen i i, Fig. 39 liegt. Die ganze Gestalt des Vegetationshügels ist die eines breiten stumpfen Spatels. Fig. 35 zeigt eine Ansicht in einer senkrecht zu der der Fig. 39, mit der Ebene der Blattmediane F zusammenfallend, verlaufenden Ebene.

Von der Zeit, in welcher in dem Scheitel, von Oben besehen, die Differenzirung der Punkte i i,, Fig. 24 eintritt, zeigt sich auch eine solche in der Längsansicht, Fig. 33. Vor Allem auffällig sehen wir an dem genau horizontalen Verlauf der in den 2 obersten Zellreihen auftretenden Querwände (oberhalb der Zone h h_1, Fig. 33), dass das Längenwachsthum in diesen Zellreihen sein Maximum erreichte, welchem eben diese Scheidewände folgten (vergl. Fig. 39); dass ferner die durch letztere entstandenen Zellen in dem centralen Complexe ein kleineres Maass der Längsausdehnung einhalten als zur Zeit des bevorzugten Flächenwachsthnms der Scheitelfläche.

Nachträgliche Theilungen unterhalb der Zone h h aber gehen durch Wände vor sich, welche mit der Axe parallel oder zu ihr senkrecht verlaufen, wenigstens innerhalb der Verlängerung der punktirten Linie i i. Hierdurch findet eine Verbreiterung des untern Theiles des Vegetationshügels statt, wodurch die überneigend gewölbte Kante der schmalen Seite k l,, Fig. 39 in eine mehr oder weniger senkrecht stehende k l,, m l, Fig. 33 übergeführt wird. Die jüngsten Blattanlagen, welche in Fig. 33 eben sich erheben, m i und n k Fig. 33, kennzeichnen sich durch Wachsthum und Theilungsvorgänge in Zellencomplexen unterhalb ihres Scheitels, welche von denen des blei-

benden Theils des Vegetationshügels wesentlich verschieden sind. Gehen in diesem Theile alle Wachsthumserscheinungen darauf hinaus, den mittleren Theil i i über die Kanten der Blattanlagen zu erheben, so äussert sich in jenen in den obersten Zellschichten zuerst eine Erweiterung der der Aussenfläche zugekehrten Enden. Die Richtung des Hauptausdehnungsstrebens solcher Zellen ist von dem der Axe etwas nach rechts oder links abweichend und fällt ungefähr mit den Richtungen der punktirten Linie i i zusammen; senkrecht zu dieser Richtung stehende Scheidewände f g vermehren zunächst die Zahl der Zellen der Blattanlage. Scheidewände dieser Art sind es, welche auf dem Querschnitte Fig. 24 die Theilungen in den Blattanlagen, welche sich der Controle zu entziehen schienen, bedingen. Folge dieser Vorgänge ist das Auftreten zweier Hügelchen, der Blattanlagen, über die Kante i i des Vegetationskegels und das Beschränktwerden des letzteren auf einen kleineren Theil des ursprünglichen Areals. Die den jetzigen Raum des Vegetationskegels umschreibenden Flächen sind die gewölbte rechteckige (h k m l, Fig. 24) freie Aussenfläche und vier Flächen im Innern des Gewebes des Axenendes, welche dieser nahezu rechtwinklig aufgesetzt sind und von welchen eine durch die punktirten Linien i i′ ins Innere des Axenendes verlängert gedacht, gesehen wird, Fig. 33. Die Zellencomplexe 1,1, 2,2 und benachbarte Fig. 33 machen einen Cylinderabschnitt des Axenendes aus. Der Zellencomplex der bleibenden Scheitelgegend wächst in die Länge zu einem neuen Hügel, der zwischen den jüngsten Blättern eingeschlossen ist, Fig. 35, und dessen grösster Durchmesser in horizontaler Richtung senkrecht zu demjenigen steht, mit welchem wir uns bis jetzt beschäftigt haben.

Während es bei Musterung der Wachsthumsvorgänge der Scheitelfläche nicht möglich war, ein Schwanken der Hauptrichtung im Sinne einer Pendelbewegung wahrzunehmen, scheinen die Vorgänge des Längenwachsthums darauf hinzuweisen, dass eine derartige Schwankung statt hat, dass die ursprüngliche Erhebung der Blattanlagen eines Wirtels nicht simultan geschehe. Bei genauerer Besichtigung der beiden Seiten i und i′ Fig. 33 ergibt sich die Seite links von i etwas gefördert. Abgesehen von der um ein Geringes tiefern Lage der Blattachsel l unter der Horizontalen, in welcher l′ liegt, finden sich die schiefen Wände, welche dem Wachsthum der Zellreihen in peripherischer Richtung folgen, auf Seite i tiefer als auf Seite i_1. Auf letzterer treten die Zellen e e einer Horizontalreihe eben dieses Wachs-

thum an, auf der ersteren sind aus derartigen Zellen schon die Complexe f f und g durch Theilung entstanden, Fig. 33.

Mit meiner Auffassung des Wachsthums der Scheitelfläche steht diese Erscheinung nicht im Widerspruch. Wir sahen die Scheitelfläche nach 2 um 180° divergirenden Richtungen sich erweitern, ohne im Stande zu sein, zu entscheiden, ob die Zeitpunkte der Anlage beider Seiten i_1 i, Fig. 24 auseinanderfallen. Musterung des Längenwachsthums deutete an, dass dieses der Fall, wenigstens in Bezug auf die Erhebung der Blattanlagen über die Ebene des Vegetationsscheitels. Das äusserst kleine Intervall, welches zwischen beiden Blattanlagen eingeschaltet — denn im günstigsten Fall liegen dieselben so weit auseinander wie die Zeitpunkte, in welchen die Zellencomplexe 1,1,1 und 2,2,2 Fig. 33 aus den Zellen je einer Reihe des Scheitels hervorgingen — mag die Ursache sein, dass dieses Verhältniss durch nachträgliches Wachsthum der Blattanlagen sehr bald verwischt erscheint.

Eine Abweichung von den soeben geschilderten Vorgängen des Längenwachsthums von Blattanlagen und Vegetationshügel fand ich bei Untersuchungen an träge vegetirenden Individuen im zeitigen Frühjahr (Mitte Februar). Es zeigte sich da nach Hervortreten der Blattanlagen ein plötzlich gesteigertes Längenwachsthum des Theils des Vegetationshügels, welcher nicht in die Blattanlagen eingeht, derart, dass letztere unterhalb der Scheitelfläche des ersteren hervorzutreten schienen, Fig. 38. Es mag dieses wohl eine in der Ungunst der Jahreszeit begründete Verlangsamung des Längenwachsthums der Blattanlage sein. Bei in lebhafter Vegetation begriffenen Individuen überholen die jungen Blattanlagen den Vegetationskegel bald und schliessen ihn allseitig ein; derselbe wächst nun in den Spalt zwischen die zusammengeneigten jungen Blätter hinein (Fig. 22, 23, welche Durchschnittsebenen in der Mediane der jüngsten Blätter und senkrecht hiezu darstellen).

Wir verliessen die Scheitelfläche, als sie um die Stücke h i m und k l i — die Blattscheitel — verkleinert wurde, Fig. 24. Die Zone h k m l bildete zunächst die Scheitelfläche des Vegetationskegels. Die zunächst eintretenden Erscheinungen sind das Gewölbtwerden dieser Fläche, derart, dass eine Böschung nach je einer Blattoberseite hin abfällt, sodann Dehnung dieses Hügels in einer zur Mediane der letztentstandenen jungen Blattanlagen senkrechten Richtung. Durch das überwiegende Wachsthum der Blattanlagen in die Breite wird der Hügel bald allseitig von den Blatträndern eingeschlossen, Fig. 34

und 37. Das Wachsthum in die Dicke (in Richtung der Mediane des jungen Blattes) in der Höhe, in welcher es mit den Zellen des derzeit noch flacheren Vegetationskegels verbunden ist (s. Fig. 37, vergl. Fig. 34), geschieht nun durch Zellen, welche dem Vegetationskegel angehören, k k, Fig. 34; diese sind parallel der Blattoberseite in eine Reihe geordnet und vorzüglich in einer Richtung gestreckt, welche mit der Mediane des Blattes parallel ist. Durch eine Scheidewand, welche parallel der Oberseite des Blattes verläuft, wird eine Zelle dem Vegetationspunkt und eine der Blattanlage zugewiesen. In der ersteren erlischt vorläufig das frühere Streben, in Richtung der Blattmediane sich auszudehnen; in letzterer dauert das Streben noch an, das Blatt wächst hierdurch vorzugsweise in die Dicke, Fig. 25. Zelltheilungen in diesen Reihen des Blattes dauern noch geraume Zeit an, wenn die Richtung des Hauptwachsthumsstrebens des Vegetationshügels schon zur Richtung des Dickenwachsthums des Blattes senkrecht mit dem Breitenwachsthum desselben parallel verläuft. Das Erlöschen der Thätigkeit dieser Reihen schreitet vom Rande des Blattes nach dessen Mediane hin fort, dort bildet die letzte Scheidewand aus je einer derartigen Zelle (Fig. 25 ff_1) eine Epidermiszelle und eine Zelle des Blattinnern. Da wo die Oberseiten der jüngeren Blätter dem Vegetationshügel dicht anliegen (Fig. 34), findet man in einer Zone links und rechts von der Blattmediane das Wachsthum dieser Zellen am längsten andauernd, und hier findet sich die dadurch bedingte reihenweise Anordnung der Zellen des Blattes noch, wenn dieselbe in den Theilen ff_1 Fig. 25 längst verwischt ist.

Vor dem Erlöschen der Thätigkeit solcher Zellreihen treten an 3 Stellen des Blattinnern die ersten Gefässbündelanlagen auf, gekennzeichnet durch wiederholte Theilungen in medianer Richtung dreier Zellen des Blattinnern, v v Fig. 25. Fünf Gefässbündel gehören dem erwachsenen Blatte an, welche demgemäss nicht simultan angelegt werden. Fig. 25 v v zeigt die Theilungen, welche die Anlagen dreier kennzeichnen.

Wachsthum und Theilung der Scheitelflächezellen gehen nach diesen Erscheinungen nun in der neuen bevorzugten Richtung, welche parallel der Oberseite des Blattes läuft, vor sich, bis eine neue Wirtelanlage diese Richtung abermals umsetzt.

Schwankungen zwischen Anlagen zwei- und dreigliedriger Wirtel; Uebergang des ersteren in den letzteren.

Bei genauerer Musterung vieler Viscumtriebe findet man mannigfache Abweichungen von den geschilderten Vorgängen. Zunächst will ich einen Fall erwähnen, in welchem die Theile der Scheitelfläche, welche Blattanlagen angehörten, ein so hohes Maass selbstständigen Wachsthums erlangten, dass sie den Vegetationshügel vollkommen umschlossen, ihre Blattnatur ganz verloren und von Aussen gesehen als nackte Axe erschienen, als geschlossener Zellenkörper, der eine gewisse Höhe über den Vegetationsscheitel hinaus als vollkommen solider Körper erschien und in dem Maasse, als die eingeschlossene Knospe wuchs, sich erweiterte. Nach Abtragung des Scheitels und mehrerer Zellschichten der scheinbar blattlosen Axe kam dann die Knospe zum Vorschein mit 2 differenzirten Blattwirteln und normalen Verhältnissen der Scheitelfläche des Vegetationshügels.

Das Auffinden dreigliedriger Wirtel veranlasste mich, den Vegetationspunkt solcher mit dem zweigliedrigen vergleichend zu untersuchen. Bei dem Aufsuchen des nöthigen Materials fiel mir schon die Ungleichheit der Entwicklung der verschiedenen Blätter eines dreigliedrigen Wirtels auf und die Spaltung eines Blattes eines zweigliedrigen Wirtels in zwei Zipfel. Fig. 21, 17 f. Die gesammelten dreigliedrigen Knospen musternd, zeigten sich mir folgende Anordnungen der sich von Aussen nach Innen folgenden Wirtel, welche ich der Betrachtung des Vegetationspunktes vorausschicken möchte. Es fanden sich:

1) Zweigliedrige Triebe; innerer Wirtel zweigliedrig, Scheitelfläche von der des normalen zweigliedrigen dadurch abweichend, dass ein drittes Blatt viel später angelegt wurde; Gestalt derselben hierdurch die eines gleichschenkligen Dreiecks. Fig. 19, 20.

2) Triebe, an welchen der entwickelte Wirtel dreigliedrig mit bevorzugter Entwicklung zweier Blätter; der nächstinnere Wirtel zeigte 3 beinahe gleichentwickelte Blätter. Fig. 27. Die Scheitelfläche von Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks. Fig. 28.

3) Dreigliedrige Triebe; Blätter sämmtlicher differenzirter Wirtel im Gleichgewicht; Gestalt der Scheitelfläche von der eines gleichseitigen Dreiecks; constant dreigliedrige Triebe.

4) Dreigliedrige Triebe, deren äusserte Wirtel die Blätter im

Gleichgewicht, die nächstinnern alle ungleich entwickelt; die Scheitelfläche von Gestalt eines ungleichseitigen Dreiecks.

5) Dreigliedrige Triebe, die Blätter des äussersten Wirtels im Gleichgewicht; die Blätter des inneren Wirtels zweigliedrig, davon eines gefördert und im obern Theile gespalten. Fig. 17. Scheitelfläche die des constant zweigliedrigen Wirtels.

6) Dreigliedrige Triebe, an welchen im äussersten Wirtel 2 Blätter bedeutend gefördert, eines rudimentär erschienen. Der nächstinnere Wirtel zweigliedrig mit Förderung eines Blattes. Scheitelfläche die des constant zweigliedrigen Wirtels. Fig. 18.

Von diesen 6 Zuständen der Triebe kennzeichnen 1, 2, 3 den Uebergang des zwei- in den dreigliedrigen Wirtel; dem Zustand 1 gingen viele zweigliedrige Wirtel voraus.

6, 5, 4 den Uebergang des drei- in den zweigliedrigen Wirtel. 6 gingen constant dreigliedrige Wirtel voraus.

Das unter 5 angegebene Verhältniss der Spaltung eines Blattes kann auch in dem ersteren Uebergang auftreten; ich erwähnte Eingangs, dass mir solche zweigliedrige Wirtel, welchen dreigliedrige nachfolgten, vorgekommen.

Gehen wir nach Betrachtung der äussern Erscheinung der Uebergänge zu der der Verhältnisse über, welche durch dieselben in der freien Aussenfläche des Vegetationspunktes hervorgerufen werden.

Was den ersten Schritt, die Spaltung eines Blattes, anbelangt, so finden sich in der Scheitelfläche nie Anzeichen hiezu. Auf Querschnitten findet man den oberen Theil solcher Blattflächen gespalten, den unteren ganz. Jedenfalls ist diese Erscheinung wenig gestaltbedingend auf die Scheitelfläche des Vegetationspunktes selbst.

Die Erscheinung hingegen, dass ein Blatt eines zweigliedrigen Wirtels mächtig gefördert auftritt, dass ferner zweien solcher Blätter ein drittes später in demselben Wirtel folgt, übt den beträchtlichsten Einfluss auf das Gestaltungsstreben derselben.

Ich zeigte oben bei Besprechung des Wachsthums der Scheitelfläche constant zweigliedriger Triebe, dass das Wachsthum derselben nach 2 um 180° divergirenden Richtungen den Anlageorten der Blätter simultan eintrete, oder doch, dass die Zeitpunkte des bevorzugten Wachsthumsstrebens nach je einer der Richtungen so wenig auseinander liegen, dass die Ungleichzeitigkeit der Anlage der Blattscheitel nicht mehr wahrgenommen werden kann.

Durch das gleichzeitige oder fast gleichzeitige Beginnen der Dehnung der Blattanlagen in die Breite sahen wir das Wachsthums-

streben der Scheitelfläche derart beeinflusst, dass die Hauptrichtung dieses Strebens zur vorhergegangenen senkrecht verlief. Die Scheitelfläche blieb indess hierdurch immer symmetrisch um eine Linie i i, Fig. 36 angeordnet. Die Wände der freien Aussenzellen, welche den Blattanlagen zugekehrt und deren Oberseiten parallel liefen, waren gleichlang beiderseits (Fig. 24, 34, 36, 37 die Zellreihen f f_1). Die ersten Erscheinungen in diesen Zellreihen der Scheitelfläche, welche den Uebergang des zwei- in den dreigliedrigen Wirtel charakterisiren, deuten darauf hin, dass die Zeitpunkte, welche der ursprünglichen Anlage je eines Blattes angehören, nicht mehr so nahe und gleichmässig für je einen Wirtel zusammenfallen, dass die Anlagen der beiden Blätter durch ein Zeitintervall geschieden sind, während welchem das Längenwachsthum des Axenendes ununterbrochen fortdauert; dass ferner die Anlage des dritten Blattes in demselben Wirtel noch viel später geschieht. Fig. 31, c, d, i, 32 a b.

Durch die Anlage zweier Wirtel in einem grösseren Intervall wird das Gewebe der Scheitelregion in der Weise verzerrt, dass Zellreihen derselben, wie die mit a b d c Fig. 34 bezeichneten, Gestalt und Anordnung bekommen, wie aus den Abbildungen Fig. 29 u. 31 zu ersehen, dass die Kante der Aussenfläche aller Zellen, welche dem erstentstandenen Blatte zugekehrt ist, über das Maass derjenigen Kante hinausgedehnt wird, welche dem jüngeren Blatt zugekehrt ist. Fig. 31. Das Blatt II ist das zuerst entstandene, Blatt 1 das nach gewissem Zeitraum folgende. In dem Wirtel I—II, Fig. 31 ist die dem älteren Blatte zugekehrte Kante der Scheitelfläche die erweiterte, ebenso und deutlicher ersichtlich ist dieses an der Seite b, c, i, welche dem Blatte II a des entwickelteren Wirtels zugekehrt ist. Fig. 31.

Dieser einseitigen Dehnung des Gewebes des Scheitelregion Fig. 31 sieht man nun, nachdem die 2 ersten Blattanlagen schon weit entwickelt, die Anlage eines dritten Blattes folgen. Der Scheitel eines derartigen Blattes ist in Fig. 32 zu sehen. Verbindet man die Punkte b und i Fig. 31 durch eine Gerade, so findet man den grössten Theil des Areals des Blattes c, d, i auf Seite der gedehnten Kante liegen, dem Blatte II a zugekehrt, was darauf hindeutet, dass der Zerrung des Gewebes auf der Seite dieses Blattes eine Zelltheilung in demselben folgte, welche mit derjenigen in dem Gewebe, welches der Blattseite 1 a zugekehrt ist, nicht gleichen Schritt hielt, sondern voraneilte. Die Mediane des Blattes c, d, i fällt thatsächlich in dem vorliegenden Stadium nicht mit der grössten Ausdehnung der Scheitelfläche b i zusammen.

Während das älteste Blatt II a Fig. 31, welches einem tieferen Stengelquerschnitt aufsitzt, dem Vegetationskegel ferner und ferner zu liegen kommt, befinden sich die Blätter I a und c, d, i demselben näher und am nächsten. Hierdurch wird bedingt, dass der Einfluss des Blattes II a allmählich geschwächt wird, derjenige der beiden jüngeren in gesteigertem Maass sich geltend macht; die Kanten b d und d c werden erweitert, zunächst wohl die erstere; das Deeieck der Scheitelfläche wird ein gleichschenkliges; sodann die Kante d c das Dreieck nähert sich mehr und mehr der Gestalt eines gleichseitigen.

Beide Erweiterungen endlich führen das Hinausgeschobenwerden des rudimentären Blattes c, d, i herbei, durch den Spalt, welchen die Ränder der Blätter I a und II a lassen. s. Fig. 17, 19, 20, 29. Eine Scheitelfläche, welche derjenigen der grösseren Knospe Fig. 31 zunächst folgt in diesem Uebergang, findet sich nicht selten. Die Fig. 20 zeigt die drei Blätter eines derartigen Wirtels, welche alle unter sich ungleich sind. Die Zerrung des Gewebes ist eine sehr in die Augen fallende. Fig. 30 zeigt bei stärkerer Vergrösserung einige der Reihen, welche mit ihrer schmalen Seite an die Oberseite des jüngeren, mit ihrer breiten an die des älteren Blattes anlehnen.

Was derartige Scheitelflächen auffallend macht, ist ihre grosse Ausdehnung gegenüber denjenigen des constant zweigliedrigen und constant dreigliedrigen Wirtels. Da das Blatt 3, Fig. 29 das jüngste, Blatt 2 das folgende und 1 das älteste ist, so ist selbstverständlich, dass die Böschungen, welche von dem Mittelpunkt der Scheitelfläche abwärts verlaufen, für jede der 3 Kanten ungleich hoch sind; die grösste Böschung kommt der Kante c i, die kleinere der Kante $i\,i_1$, und die kleinste der Kante $c\,i_1$ des jüngsten dem Scheitel am nächstständigen Blattes zu. Fig. 29. Bei Abtragung dünner Schnitte durch solche Knospen von oben nach unten wird man stets zuerst das Blatt 3 in festem Verband mit dem Gewebe des Vegetationspunktes finden, während (bei genügender Dünne der Schnitte) die Blätter 2 u. 1 noch frei neben der dreiseitigen Scheitelfläche zu liegen kommen. Sodann folgt in der nächsttieferen Schicht der feste Verband mit dem Axenende des Blattes 2, während 1 allein das älteste und am Stamm am tiefsten stehende Blatt noch über der Anheftungsebene durchschnitten wird. Von dem Stadium der Scheitelfläche in Fig. 29 zu dem Stadium, in welchem dieselbe der Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks gleich wird, ist nach dem Gesagten nur ein Schritt. Ist die Oberseitenkante des

vorjüngsten Blattes $i i_1$ derart erweitert, dass sie der des ältesten c i gleich ist, so tritt eine vorzugsweise Streckung des jüngsten Blattes in Richtung seiner Fläche e ein, eine Streckung, welche, da dieses Blatt den stärksten Einfluss durch seine grösste Nähe hat, eine Zerrung und Erweiterung des Gewebes der Knospe in der Nähe der Kante c i zur Folge hat.

Theilungen in den genannten Zellpartien bringen endlich die drei Seiten der Vegetationsscheitelfläche ins Gleichgewicht. Die Gestalt der Scheitelfläche wird die eines gleichseitigen Dreiecks, keine der Wandungen der Zellen zeigen nach diesen 3 Seiten eine bevorzugte Ausdehnung. Der Vegetationspunkt ist der des constant dreigliedrigen Wirtels. Fig. 27, 28, 16. In diesem nun geschehen die Anlegungen der drei Blätter wieder in so kleinen Intervallen, dass dieselben zusammenzufallen scheinen, wie wir es vor den beschriebenen Schwankungen bei dem constant zweigliedrigen Wirtel wahrgenommen haben. Dass den ersten beschriebenen Schwankungen nicht gleich ein Uebergang in die Anlage dreier gleichwerthiger Blätter zu folgen braucht, ist wahrscheinlich; es ist denkbar, dass den beschriebenen Stadien Wirtelanlagen folgen können, in welchen die Intervalle wie bei dem Wirtel (Fig. 31 u. 29) ungleich sind, dass mehrere solcher noch eingeschaltet werden, in welchen diese Ungleichheit immer geringer, der Einfluss der drei Blätter auf die Gestalt der Scheitelfläche immer gleichmässiger wird, ehe der constant dreigliedrige, eine gleichseitig dreieckige freie Aussenfläche des Vegetationspunktes bedingende Wirtel die Schwankungen abschliesst. Ich fand es genügend zu zeigen, dass die regelmässige Gestalt der Scheitelflächen constant zweigliedriger und dreigliedriger Wirtel bedingt ist durch das simultane oder fast simultane Auftreten der Blattanlagen; dass eine Vergrösserung des Intervalls zwischen zwei Blattanlagen Zerrungen mit sich bringt, welchen Schwankungen und endlich der Uebergang in den dreigliedrigen Wirtel folgen.

In dem constant dreigliedrigen Wirtel sind Schwankungen in der Ausdehnung der Blätter und in der Gestalt der Scheitelregion jedenfalls durch dieselben Ursachen bedingt, Fig. 17 u. 18, deren Verlauf den Uebergang in dem entgegengesetzten Sinne — Uebergang des constant dreigliedrigen in den constant zweigliedrigen Wirtel — herbeiführte.

Dianthus plumarius und barbatus.

Sahen wir bei Viscum, wenn wir von den beschriebenen Schwankungen zwischen zwei- und dreigliedrigen Wirteln absehen, das

Wachsthumsstreben des Vegetationspunktes im zweigliedrigen Wirtel nach 2 horizontalen um 180° divergirenden Richtungen durch ein Intervall geschieden, welches als verschwindend klein anzunehmen ist, so finden wir bei den uns jetzt beschäftigenden Pflanzen eben dieses Wachsthumsstreben derart geäussert, dass zwischen der einen Richtung intensivsten Wachsthums — Anlage des einen Blattes des zweigliedrigen Wirtels — und der entgegengesetzten — Anlegung des zweiten Blattes — ein Intervall eingeschoben ist, welches der Wahrnehmung nicht entgehen kann.

Sehen wir bei Viscum und Fraxinus ferner, dass die Maasse des Wachsthumsstrebens von Vegetationskegel einerseits und der beiden Blattanlagen andererseits sich so verhielten, dass die ursprüngliche Anlegung der beiden Blätter in dem fast simultanen Erheben zweier Hügelchen über das Niveau der Scheitelfläche sich verrieth, so findet sich auch bei Dianthus dieses Verhältniss wesentlich verschieden. Bei dieser ist das Maass solchen Wachsthums des Vegetationskegels stets grösser als das des Hügels, welcher sich eben als ursprüngliche Blattanlage differenzirt. Die Scheitelfläche dieses Hügels scheint deshalb immer unter dem Scheitel des Vegetationskegels zu entstehen.

Da zu diesem Verhältnisse und dem der Ungleichzeitigkeit noch eine dritte Complication des Wachsthumsstrebens kommt, so wünsche ich Längen- und Breitenwachsthum der jungen Organe zuerst möglichst vollständig an einem rohen Schema zu demonstriren.

Denken wir uns in dem Rechteck a b c d Fig. 36 die Scheitelfläche des Vegetationspunktes. In einem bestimmten Zeitpunkte betrachtet, beginnt zwischen zwei Stellen e f der einen Seite die Fläche derart zu wachsen, dass die Kante e f nach g h zu liegen kommt. Die Fläche e f g h ist der Scheitel der ersten Blattanlage. Ist dieses auf der einen Seite geschehen, so fängt nun an einer ähnlichen Stelle der gegenüberliegenden Seite e d ein gleiches Flächenstück sein Wachsthum an, die Kante i l kommt nach h m zu liegen, i h l m ist der Scheitel der zweiten Blattanlage.

Die Zeit, welche verstreicht zwischen dem Beginne des Wachsthums der einen und dem der anderen Seite ist das verschwindend kleine Intervall bei Viscum, das deutlich wahrnehmbare bei Dianthus. Dies zur Verständigung des Flächenwachsthums. Mit diesem gleichzeitig und ununterbrochen fortdauernd, verläuft das Längenwachsthum, welches die genannten Flächen, das Schema, senkrecht in die Höhe hebt, aus der Ebene der Zeichnung. Das Maass der

Schnelligkeit dieser Erhebung ist nun von dem Zeitpunkte der Entstehung der verschiedenen Flächen ein für jede derselben verschiedenes. g e h f — der Blattscheitel — hat wenigstens für die Bewegung durch Zeitpunkte, welche dicht hinter demjenigen der ursprünglichen Entstehung liegen, ein kleineres Maass als das der Scheitelfläche des Vegetationspunktes a b c d. Bei Viscum findet das Entgegengesetzte statt, hier fällt ausserdem der Beginn der Anlegung von g e h f und i h l m zusammen, was bei Dianthus nicht der Fall ist. Nehmen wir an, die Bewegung des ganzen Flächensystems aus der Ebene der Zeichnung sei unveränderlich und unbegrenzt, so wird eine Ebene, welche wir durch den nach einiger Zeit entstandenen Körper gelegt denken in der zur Ebene der Zeichnung senkrechten Richtung a c, bei Viscum die Ansicht des Schema 73, bei Dianthus die Ansicht 74 ergeben, in welcher 1, 2, 5, 6 die Blätter jedes dritten Wirtels bedeuten (vergl. 33 mit 73 und 44 mit 74).

Kehren wir nach diesen Auseinandersetzungen zu den thatsächlichen Verhältnissen des Vegetationskegels und der jüngsten Blattanlagen. Die zunächst folgenden Untersuchungen wurden an noch sehr jugendlichen Axilarsprossen im zeitigen Frühjahr angestellt.

Die Gestalt derselben wird wohl am besten aus den Fig. 43, 41, 44 ersehen. 45 ist eine Scheitelansicht zur Zeit der Anlage eines Blattes (sehr stark vergrössert) von D. plumarius. 41 eine ähnliche von Dianthus barbatus zur Zeit der zweiten Blattanlage des zweigliedrigen Wirtels. Fig. 43 eine Durchschnittsebene, welche zu dem Längsdurchmesser der Scheitelfläche senkrecht steht in einem späteren Stadium. Fig. 44 eine zur vorhergehenden gekreuzt senkrecht stehende Längsansicht. Diese geht parallel der Medianebene der jüngst differenzirten Blätter, jene fällt mit ihr zusammen. Fig. 42, 46 u. 48 sind diesen Ebenen entsprechende Seitenansichten ganzer Knospen. In 46 bedeuten f den Rand des ersten, f_1 den des zweiten Blattes eines Wirtels, g und h Blattanlagen des zu diesem gekreuzt ständigen.

Wachsthumserscheinungen der Scheitelfläche.

Gelingt es durch vollkommen ebene, sehr dünne, parallel der Scheitelfläche verlaufende Schnitte, letztere in einer Dicke abzutragen, welche nicht diejenige von zwei oder drei Zellenlagen übertrifft, so erhält man Ansichten, wie sie aus den Fig. 48, 49 (bei schwacher Vergrösserung), 45 und 41 (bei gesteigerter Vergrösserung) ersehen werden können. Der Grundriss des Vegetationskegels ist eine Ellipse,

deren grosse Axe mit der Linie b c, Fig. 45 zusammenfällt. Da sich die Wachsthumserscheinungen der gewölbten freien Aussenfläche, welche der Anlage je eines anzulegenden Wirtels vorausgehen, in einer Region abspielen, welche auf der Längsebene Fig. 44 innerhalb a b c liegt, so ist es nothwendig, durch diese Region Schnitte von der angegebenen Dicke zu legen, eine Aufgabe, die bei der äussersten Kleinheit des ganzen Vegetationskegels und der Zartheit des ihn constituirenden Gewebes von einiger Schwierigkeit ist.

Fig. 45 zeigt die correcte Copie eines derartigen Scheitels (Hartnachs Immersionssystem 10). Fig. 49 zeigt denselben Schnitt mit den die Scheitelfläche umgebenden älteren Blättern. Die Linien a b und c d der Fig. 45 entsprechen denjenigen des Fadenkreuzes, unter welchem die ganze Zeichnung aufgenommen.

Wachsthumsrichtung und Richtung der Scheidewände in den Zellen des Scheitels Fig. 45 zeigen, dass die grösste Intensität der Ausdehnung in dem Augenblicke der Herstellung des Präparates der einen Seite rechts zukam, dass das Centrum, gekennzeichnet durch die grossen Zellen t t, hauptsächlich nach 2 sich rechtwinklig kreuzenden Richtungen wächst und Scheidewände bildet, welche in eben diesen Richtungen verlaufen. Verhält sich von t t nach links musternd diese Seite mehr oder weniger unthätig, so deuten Theilungen in den der rechten Seite zugekehrten Zellpartien darauf hin, dass das Haupterweiterungsstreben der Scheitelfläche nach der Richtung i c geht. In den Zellreihen i h k c deutet streng gleichsinniger Verlauf der zur Längsaxe d e senkrecht stehenden Wände dieses Streben an. Der Erfolg dieses Wachsthumsstrebens ist die Blattanlage n n, c, welche jetzt schon im Längenwachsthum mit den Scheitelzellen (den im Sinne der kleinen Axe a b geordneten Zellreihen e f g) nicht mehr gleichen Schritt hält. Letztere Zellreihen quer über verlaufend e f g, sind die Scheitelständigen. Der Sattel n n trennt in diesem Stadium das selbstständige System n n, c von dem nach Erweiterung in Länge und Weite strebenden Vegetationshügel. Die diesen Sattel nach Aussen begrenzenden Zellen sind der Herd der lebhaftesten Zellenbildung für die Blattanlage n n, c. Die letztere ist in Folge dessen gekennzeichnet durch Zellreihen, welche in Richtung der grossen Axe d e geordnet, welchen Zellreihen in einer dem Sattel angrenzenden, aber jenseits desselben liegenden Zone des Vegetationskegels entsprechen.

Der Scheitel der Blattanlage n n, c liegt höher als der Sattel n n, dagegen tiefer als der Scheitel t t des Vegetationshügels. Eine

noch andauernde lebhafte Zellbildung in der Region des Sattels n n, und die Thatsache, dass die nach aussen gekehrten Seiten der Zellen in den Reihen i c (auch k—c, h—c) erweitert sind, lehren, dass das der Scheidewandbildung vorausgehende Wachsthum von Zellen der thätigen Seite des Vegetationshügels in zur Stengelaxe radialer Richtung von Innen nach Aussen erfolgt, die der Anlage einer Zelle durch solche Scheidewand, folgende Ausdehnung in tangentaler Richtung von dem Punkte c ausgehend nach n n, verschreitet.

Der nicht zu übersehende Zusammenhang, der die Blattanlagen constituirenden Zellreihen n n, c mit den Zellreihen der bleibenden Scheitelfläche des Vegetationspunktes, deren Grenzzellen an den Sattel ich mit h i k bezeichnet (in der Zeichnung 45), erlauben ferner den Schluss, dass die Differenz der Breite n n und b a zur Zeit der allerersten Thätigkeit radialen Wachsthums der Seite n n, der Vegetationsscheitelfläche nicht so gross gewesen, wie wir sie jetzt finden, dass somit vom Beginne der genannten einseitigen Thätigkeit derselben die von n n und selbst a b rechts gelegenen Zonen ein grösseres Maass des Ausdehnungsstrebens in Richtung von b nach a eingehalten haben als diejenige Zone, in welcher die Blattanlegung stattfand.

Wieviele Zellen der zur Zeit thätigen Seite der Vegetationsscheitelfläche in die Blattanlegung thätig eingreifen, ist bei der Kleinheit des ganzen Gewebes schwer zu bestimmen. Die treuen Copien der Blattanlage n n, c und der Blattscheitel 47 a und b scheinen anzudeuten, dass die 2-Zahl oder niedere Multipla die gewöhnliche ist. Indess muss berücksichtigt werden, dass eine Täuschung im Abzählen in Folge der starken Wölbung der genannten Flächen leicht möglich ist.

Während der Blattanlegung n n, c hat der Vegetationskegel eine Streckung in Richtung der Axe d c Fig. 44 vollzogen. Die Erweiterung der Scheitelfläche in der Richtung b a Fig. 45 tritt nach obiger Auffassung auch während dieser Anlage ein. Eine Streckung, welche von dem bleibenden Theile des Vegetationskegels in den ersten Zeitpunkten nach der Anlage des einen Blattes n n, c in einem grösseren Maasse der Geschwindigkeit vollzogen wird, als das Maass desselben Wachsthums der letzteren. Nach bestimmtem Zeitintervall beginnt dann die andere Seite der Vegetationsfläche d Fig. 45 eine zweite Blattanlegung, deren Verlauf dem der beschriebenen ganz gleich ist. Direct wahrnehmbare Folgen dieser schwankenden Wachsthumsstreben sind:

1) Ungleiche Höhe der Stengelquerschnitte, auf welchen die Blätter eines Wirtels sitzen. Fig. 43.

2) In den dem Zeitpunkt der Anlegung nahen Zeitpunkten ungleiches Areal der Blattscheitel eines Wirtels. Fig. 47 a und b.

3) In eben solchen Zeitpunkten ungleiche Höhe der Ebenen beider Scheitel. Fig. 46 f f i. — Die zwei letzteren Verhältnisse werden später verwischt.

Ehe ich auf die Betrachtung einer Wachsthumserscheinung des Vegetationspunktes eingehe, welche der Anlegung des Wirtels parallel verläuft, welche eine vergleichende Untersuchung beider Blattanlagen verlangt, wünsche ich einige Worte über das Längenwachsthum einzuschalten.

Das Längenwachsthum des Vegetationskegels und der jungen Blattanlagen.

Ebenso deutlich wie in dem Wachsthum der Scheitelregion in die Fläche findet man die ungleichzeitige Anlegung der Blätter eines Wirtels bei Musterung des Längenschnittes ausgesprochen. Fig. 44 zeigt einen Durchschnitt in einer zur Mediane der Blätter des jüngsten Wirtels senkrechten Ebene a b und a_1 b_1, Fig. 43. In dem Flächenstück des Vegetationsscheitels, dessen Kante in c b_1 sichtbar, Fig. 44, vollzieht sich die nächste Blattanlegung, in demjenigen, dessen Kante c a, die nächstfolgende. Da Fig. 44 einer Ebene entspricht, welche sich mit derjenigen der Fig. 43 unter rechtem Winkel derart kreuzt, dass die Punkte c und d beider Zeichnungen zusammenfallen, so bemerke ich vorgreifend, dass bei Vornahme dieser Kreuzung die Kante c a x der Fig. 44 nach dem Beschauenden, die Kante c b_1 x von demselben weggewandt jenseits der Ebene Fig. 43 zu liegen kommen.

Fig. 43 zeigt einen Durchschnitt durch die Mediane der jüngsten Blätter des deutlich differenzirten Wirtels 1, 2 Fig. 49 oder 48. 1, 2, von welchen a b das jüngere, a_1 b_1 das ältere Blatt eines Wirtels ist. Bei Musterung der Zeichnung findet man, dass die jüngere Blattanlage a b gekennzeichnet ist durch wenig höhere Lage des Sattels n über der Horizontalen, in welcher der Sattel n_1 liegt, durch 2 Zellreihen a und b (Fig. 43) unterhalb der Scheitelfläche des Blattes, welche mit ebensolchen des Vegetationskegels correspondiren. Ein Verhältniss, welches in der älteren Blattanlage a_1 b_1 durch nachträgliche Theilung in solchen Zellreihen verwischt ist. Es kommen, in medianer Richtung gezählt, der letzteren 5—6 Zell-

reihen, der ersteren nur 3—4 Reihen von Zellen zu (s. 1, 2, 3 und 3, 4, 5, Fig. 43).

Dass die Kanten a n c und c n_1 a_1, Fig. 43 ursprünglich in einer, einer Geraden ähnlicheren Linie lagen, leuchtet ein aus dem Vergleich mit Fig. 44. Hier ist die Kante c b_1, x_1 die gewölbtere im Zeitpunkte der Betrachtung, sie entspricht dem Ausschlag nach rechts des Wachsthumsstrebens — Anlage des ersten Blattes — c a verlängert sich nach c a x und bildet den Ausschlag nach links desselben Strebens — Anlage des zweiten Blattes eines Wirtels, welche stattfindet nach dem Zeitpunkt des Ausschlages nach rechts (und nach demjenigen unserer Betrachtung). Stellen wir, wie oben angedeutet, die Ebene der Zeichnung Fig. 43 gekreuzt zu derjenigen der Fig. 44, so haben wir in der ersteren, a b Fig. 43 nach vorn, a_1 b_1 nach hinten gerichtet zu denken, jenseits der Schnittlinie c d beider Figuren, und es folgen dann die Ausschläge beider Oscillationen folgendermaassen: 1) Ausschlag nach hinten — a_1 b_1 — Fig. 43 — erste Blattanlage des ältesten der beiden Wirtel. 2) Ausschlag nach vorn gegen den Beschauer a b Fig. 43 — zweite Blattanlage desselben Wirtels. — Grösseres Intervall — Längenwachsthum des Achsenscheitels. Sodann: 3) Ausschlag nach rechts c b_1 Fig. 44 — erste Blattanlage des jüngsten Wirtels. 4) Ausschlag nach links c a Fig. 44 — Anlage des zweiten Blattes desselben Wirtels. In derselben Reihenfolge die Totalansicht der Knospe Fig. 46 behandelt, haben wir 1) f jenseits f_1, diesseits des Vegetationskegels h c g erste Oscillation. 2) g rechts, h links Blattanlagen des folgenden Wirtels — zweite Oscillation. Folgt man den so eben beschriebenen Oscillationen mit Hülfe des Schema 71, so sieht man die Ebene derselben nach Anlage eines Wirtels um 90° umspringen. Denkt man sich den Aufhängepunkt des Pendels senkrecht über dem Punkte c aus der Ebene des Schema, so zeigt die Lage der verschiedenen Zahlen, welche die einzelnen Ausschläge angeben, dass die Ebene der Zeichnung 71 während der Dauer einer derartigen Oscillation 1‿2, 3‿4 u. s. f. keine Lagenveränderung erlitten, keinerlei Verschiebung in irgend einem Sinne, das Fadenkreuz verbindet alle Zahlen dieses Schema, — die Medianen aller Blätter fallen mit demselben zusammen.

Dieser Voraussetzung wird indess in Wirklichkeit in der Natur nicht genügt. Die Vergrösserung des Intervalls zwischen zwei Blattanlegungen je eines Wirtels bringt eine Schwankung in dem Wachsthumsstreben des Vegetationskegels mit sich, welche wir jetzt nach

Abhandlung der Hauptzüge des Flächen- und Längenwachsthums besprechen wollen.

Ablenkung der Richtung des intensivsten Dickenwachsthums des Vegetationspunktes in einer zur Mediane der so eben entstehenden Blätter senkrechten Richtung.

Schimper[1]) erwähnt schon die ungleiche Medianrichtung der Blätter je eines Wirtels mit dem folgenden verglichen.

Bei genauerer Musterung von Querschnitten durch die Knospe von Dianthus findet man wie bei Fraxinus, dass die Medianen der Blätter eines Wirtels nicht zusammenfallen. Eine Linie, welche die jeweilige Scheitelfläche des Vegetationspunktes in 2 Hälften theilt, fällt genau mit der Mediane eines der Blätter zusammen. Fig. 45, 48, 49. Zwei sich unter rechtem Winkel kreuzende Linien (ich benutzte bei Aufnahme der Zeichnungen ein Fadenkreuz im Ocular) zeigen, wenn der Schnittpunkt beider in das Centrum der Scheitelfläche t, s. gen. Fig., gelegt wird, dass die Mediane nur eines Blattes je eines Wirtels mit einer der beiden Linien zusammenfällt. In Fig. 48 sind es die Blätter 4 u. 8, 2 u. 6 in Fig. 49, Blattanlage f und Blatt 4.

Ich habe in den Zeichnungen in das Areal des Querschnitts eines medianen Blattgefässbündels die Zahl für die Blätter eingetragen, deren Lage in der Zeichnung demgemäss die wirkliche Lage dieses Bündels angibt.

Bei Betrachtung der Fig. 48 u. 49 und des Vorgangs der Blattanlegungen setzten wir voraus, dass das Hauptwachsthumsstreben des Vegetationshügels einmal mit der Richtung der Linie o p (Fig. 41, c d Fig. 45), ein anderes Mal mit derjenigen der Linie a b Fig. 45 (m n Fig. 41) zusammenfalle, während sich gleichzeitig das ganze System aus der Ebene der Zeichnung erhebe (s. Längenwachsthum).

In der Verschiebung der ursprünglichen Mediane je eines Blattes haben wir das dritte Wachsthumsstreben von Blattanlagen und Vegetationskegel, welches sich ebenfalls im Sinne einer Oscillation äussert, deren ideale Ebene unter rechtem Winkel diejenige kreuzt, in welcher sich die Oscillation der Blattanlegung vollzieht. Die folgenden Thatsachen werden zeigen, dass die Verschiebung der Mediane

1) K. F. Schimper, Beschreibung des Symph. Zeiheri. Heidelberg, C. F. Winter, 1835.

zweier Blätter schon in der ursprünglichen Anlage stattfindet und nicht in Folge nachträglicher selbstständiger Wachsthumserscheinungen des Blattes.

Ich habe bei Besprechung der Anlage eines Blattscheitels auf der thätigen Seite der Scheitelfläche des Vegetationshügels (Fig. 45) hervorgehoben, dass von dem Herde der Zellbildung charakteristische Zellreihen durch die junge Blattanlage verlaufen, welche thätigen Zellreihen der einen Seite der Scheitelfläche jenseits des Sattels n n, Fig. 45 in der bleibenden Scheitelfläche entsprechen. Durch das spätere Thätigwerden der anderen Seite derselben entstehen auch hier analoge Reihen, welche mit gleichen Zellreihen der Blattanlage correspondiren (Fig. 41).

Drei Thatsachen sind diesen hinzufügend zu erwähnen.

1) Es ist durch sorgfältige Präparation möglich (Abtragung dünnster Schichten in transversaler Richtung), die Reihen für beide Blattanlagen eines Wirtels beiderseits — nach Ablauf des Intervalls, in welchem sich das Längenwachsthum geltend macht — zu übersehen und ihre Richtung genau zu bestimmen. Fig. 41.

2) Halbirt man einen Knospenquerschnitt in einem gewissen Zeitpunkt auf die Weise, dass man die Linie m n des Fadenkreuzes Fig. 48 durch die Mediane des Blattes 2 gehen lässt, so fällt die Mediane des jüngsten Blattes 1 seitlich dieser Halbirungslinie, s. Fig. 48.

3) Legt man in einem Zeitpunkt, in welchem eben die jüngste Blattanlegung vollzogen wird, Fig. 49, dieselbe Linie in die Mediane des Blattes 1 Fig. 49, so wird die Scheitelfläche t derart getheilt, dass rechts (für die Fig. 49) ein kleiner Theil der Scheitelfläche, der der thätigen Seite zugekehrte, und die ganze durch einen Sattel sich eben von diesem Theile differenzirende Blattanlage a d c, links hingegen der grössere Theil der Scheitelfläche zu liegen kommen (vergl. Fig. 45, Linie a b).

Es geht aus diesen Thatsachen hervor, dass während der Dauer des Intervalls nach Anlegung der charakteristischen Reihen (n n c, Fig. 45) der ersten Blattanlage (a b c, Fig. 41) der Theil der Scheitelfläche, welcher nicht an der Blattanlegung betheiligt ist, nach einer zur Richtung dieser Reihen senkrechten an Ausdehnung gewinne (die Richtung dieser Ausdehnung ist in Fig. 41 die Linie m n), dass, nachdem dieselbe schon merkbar geworden, erst die Anlegung genannter Reihen für die andere Blattanlage geschehe (a_1 b_1 Fig. 41), wodurch die Mediane der letzteren schon um ein merkbares aus der

Richtung der Mediane der ersten Blattanlage seitlich verrückt erscheinen muss.

In der Anlegung der jüngsten Blätter eines Wirtels finden wir die genannte Oscillation senkrecht zur Mediane sehr wohl angedeutet. Fig. 45 zeigt, während in den charakteristischen Reihen der Blattanlage n n, c in der Richtung t c die intensivste Streckung derselben fällt, Theilungen und Wachsthum der Scheitelzellen der Vegetationsfläche, welche auf eine Streckung in einer von b nach a laufenden Richtung hindeuten. Die entgegengesetzte Richtung der Streckung hatte die Scheitelfläche, als die Mediane der Blattanlage f Fig. 49 aus der Richtung derjenigen der Blattanlage c verschoben wurde. Der Scheitel erweiterte sich damals, nachdem bestimmte Zellreihen in die erstere Blattanlage eingegangen waren, in Richtung von a nach b, Fig. 45. Folge hiervon war, dass diejenigen Zellreihen, welche sich an der Blattanlage n n, c Fig. 45 betheiligten, mit ihrer medianen Richtung oberhalb der Linie d e zu liegen kommen, welche Linie mit der Mediane der Blattanlage eines tieferen Stengelquerschnitts (f Fig. 49) zusammenfällt.

Die Scheitelfläche von Dianthus barbatus, Fig. 41, zeigt die Oscillation in einer zur Mediane senkrechten Ebene noch deutlicher. Als auf der Seite 2 Fig. 41 die mediane Zellvermehrung eintrat, welche dem Keil t a c Entstehung gab, fiel die jetzige Mediane der Blattanlage 2, o p mit einer Linie zusammen, welche den Scheitel des Vegetationskegels h i k l genau halbirte. Ein bevorzugtes Wachsthum der Scheitelfläche von t nach n machte die Mediane o p der Blattanlage 2 nicht mehr zur Mediane des Scheitels. Nun entstand durch Anlegung des Blattes 1 durch eine mediane Zellvermehrung der Seite h k der Keil a_1 b_1 t, dessen mittlere Richtung nicht mit der Linie o p, sondern derjenigen zusammenfällt, welche jetzt die Scheitelfläche halbirt, v q. Das Wachsthum des ursprünglich angelegten Blattes in Richtung der Mediane wird durch die Verschiebung der Scheitelfläche nicht beeinflusst, wohl aber wird die Richtung des nächstfolgenden Blattes dadurch um ein Geringes verschoben.

Denkt man sich während dieser Wachsthumserscheinungen der Vegetationsfläche, ein dieselbe genau viertheilendes Fadenkreuz über dieselbe gelegt und die 4 von t Fig. 48 ausgehenden Arme desselben mit den Punkten, in welchen sie die Fläche berühren, fest verbunden, so würden diese Arme nach Anlegung zweier Wirtel derart verschoben sein, wie es die Schemata 69 und 70 für die Anlage zweier Wirtel zeigen, wenn man die gleichnamigen Punkte beider

Zeichnungen sich decken lässt. Keiner der Arme 1, 2, 3, 4 verlängert schneidet mehr die Scheitelfläche in dem genannten Sinne, mit Ausnahme von 1. Arm 2 müsste nach Unten, Arm 4 nach Rechts, Arm 3 nach Links wandern, wollten sie der anfänglichen Aufgabe genügen.

Demgemäss fallen die wirklichen Medianen für eine Scheitelfläche, wie t Fig. 46, weder mit den Linien m n, noch o p zusammen, sondern zwischen beide für einen bestimmten Zeitpunkt. Das Erweiterungsstreben der Scheitelfläche nach Anlage von Blatt 2 in Richtung von t nach n, schlägt mit der Anlage von 1 in die Richtung von t nach m um. Die zuerst entstandene Blattanlage 2 macht, da sie einem bestimmten Querschnitt des Axenrandes aufsitzt, die Oscillation t m und diejenige von t nach n der Scheitelfläche mit, während die jüngste Blattanlage 1 in einem Zeitpunkt der Betrachtung immer um eine durch genannte Oscillationen bedingte Dehnung zu kurz kommt. Dafür ging ihre Anlage indess von einer um ein Geringes verbreiterten Kante h k aus, wodurch sich das Gleichgewicht wieder herstellt, die Mediane beider aber ist und bleibt verschoben. Um den Betrag der Oscillation t n greift die Blattanlage 2 bei ihrer späteren Entwicklung über die jüngere über, s. 6 u. 5 Fig. 48 u. 49, in einer gewissen Höhe der Blattspreite.

Die bis jetzt beschriebenen Vorgänge beobachtete ich an den Axilarsprossen, welche noch in den Achseln der Blätter eingeschlossen waren. Ueber die Zeit der Entstehung des Axilarsprosses konnte an solchen natürlich kein Aufschluss erlangt werden, da in einem Spross zweiter Ordnung, so lange solcher selbst noch im Knospenzustande ist, Sprosse dritter Ordnung noch nicht angelegt werden. Hat sich ein Axilarspross dagegen erhoben, ist er in seiner Entwicklung der Hauptaxe fast gleich geworden, so beginnt in dem Vegetationspunkt desselben die Anlage von Sprossen höherer Ordnung.

Schon Schimper[1]) erwähnt, dass die Axilarsprosse der Caryophylleen in eine Spirale mit der seitlichen Divergenz $^1/_4$ gestellt seien, indem nur dem ältesten der Blätter ein Axilarspross zukomme.

Ueber die Entstehung solchen Sprosses am Vegetationspunkt konnte ich nur dasselbe beobachten, was ich schon bei Fraxinus (s. oben) angab. Es geschieht eine Erweiterung des Vegetationshügels nach der Seite des zu entstehenden Blattes, welche bei Dianthus wie

1) K. F. Schimper, Beschr. des Symph. Zeiheri, p. 87.

bei Fraxinus einseitig ist. Der äussere Theil des erweiterten Areals wird zum Axilarspross (A A Fig. 65), der innere dem Scheitel näher gelegene Theil (b b Fig. 65) wird zur Blattanlage. Der Axilarspross ist mithin der ursprünglichen Anlage nach das zuerst entstandene Gebilde, das Blatt indess gelangt früher zu seiner definitiven Streckung als der Axilarspross das erste Blatt anlegt; diese Anlage geschieht erst nach Einschaltung mehrerer Blattwirtel zwischen denjenigen, welcher den Axilarspross trägt, und den Vegetationspunkt. Die Erweiterung der Scheitelfläche (A A Fig. 65) der Axilarknospe geschieht, wie wir oben gesehen, durch Zelltheilungen in mehreren gleichwerthigen Scheitelzellen mit rechteckiger freier Aussenfläche. Nach der endlichen Streckung angelegter Indernodien im Mai wird auch hier wie bei Fraxinus das Areal der Scheitelfläche verkleinert und es tritt eine einzige Scheitelzelle in derselben auf (t Fig. 65).

Es wäre diesen Schilderungen des terminalen Wachsthums noch die Betrachtung der Rollungen und Deckungen der Blätter verschiedener Axilarsprosse hinzuzufügen; da diese indess die Zahl der Tafeln zu sehr gesteigert haben würde, und da einige dieser Erscheinungen noch näher ins Auge zu fassen sind, muss ich dieselbe einer späteren Notiz vorbehalten.

Heidelberg, im Mai 1866.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXV — XXXIV.

Fig. 1. Axiler Schnitt durch die Stammspitze von Polytrich. formosum Hdw. f — e die Region, in welcher Schnitte senkrecht zur Richtung des vorliegenden, Ansichten geben wie die der Fig. 3 u. 4 e — e_1, Region des Schnittes der Fig. 2. Vergr. 400.

Fig. 2. Transversaler Schnitt durch die Endknospe von Polytrich. formosum in der Region c — e, vergl. Fig. 1; Stellung der Blätter $^3/_8$. Die Verbreiterung der einen Kante der Zelle zweiten Grades, welche der Blattanlage Ursprung gibt, geschieht im Sinne des langen Weges der Spirale. d d der Bündel gestreckter Zellen, welche die Blattspuren der äusseren Blätter kennzeichnen. Vergr. 400.

Fig. 3. Transversaler Schnitt durch die jüngsten Blätter derselben Pflanze. c Scheitel eines noch jüngeren Blattes. Die Verbreiterung der erwähnten Kante geschah im Sinne des kurzen Weges der Blattspirale. Vergr. 180.

Fig. 4. Transversaler Durchschnitt durch die Blattspreite älterer Blätter, d Scheitel eines jüngeren Blattes, p Haare (vergl. Fig. 1 p). Die Verbreiterung der genannten Kante geschah im Sinne des langen Weges der Blattspirale. Vergr. 180.

Fig. 5. Transversaler Durchschnitt durch die Scheitelregion von Fissidens taxifolius Hdw. 4 Blätter sind angelegt. Die Terminalzelle hat eben ihre Gleichgewichtslage erreicht. In der jüngsten Blattanlage 4 ist die mediane Scheidewand noch nicht aufgetreten. Vergr. 400.

Fig. 6. Ebensolcher Durchschnitt bei derselben Pflanze. In der jüngsten Blattanlage 4 ist die genannte Scheidewand aufgetreten. Die Terminalzelle hat ihre Gleichgewichtslage nach Rechts hin überschritten. Vergr. 400.

Fig. 10. Scheitelansicht der Endknospe von Fraxinus excels. Anordnung der Blattwirtel zweigliedrig nach $^1/_2$ angeordnet. d d_1 Complex scheitelständiger Zellen. f Blatt des jüngeren, F Blatt des älteren Wirtels. In dem Blatte f des jüngstdifferenzirten sind bereits die 6—8 Spiralgefässe ausgebildet v, von welchen in der Zeichnung 8 sichtbar. b c die Zone, in welcher ein Blatt des nächsten Wirtels entsteht, die lebhafte Zelltheilung in dieser Zone deutet darauf hin. a b die Zone, in welcher auf die durch das Breitenwachsthum des Blattes F veranlasste Streckung der Zellen in der solchem Wachsthum parallelen Richtung keine Zelltheilung erfolgte, wie in der Zone b c. Die erstere wird später zur Axilarknospe des Blattes F. Vergl. Fig. 8, b b_1. Vergr. 400.

Wegen des grossen Umfangs der Zeichnung des ganzen Präparates zog ich vor, ein Viertel derselben aufzunehmen. Um den Punkt t nach 4 Richtungen verhält sich das Bild gleich; der Seite F entspricht eine gleiche zur Linken, der Seite f Unten eine gleiche Oben.

Fig. 11, 12, 13, 14. Fraxinus. Scheitelansichten der Endknospe.

Fig. 11. 2 Scheitelzellen. F älteres, F_1 jüngeres Blatt eines Wirtels.

Fig. 12. Scheitelansicht mit Wirteln, Ende April.

Fig. 13. Solche mit einer Scheitelzelle.

Fig. 14. Solche mit 3 Wirteln im Februar.

Fig. 15. Scheitelansicht der Endknospe von Fraxinus excelsior L. var. aurea. Wirtel dreigliedrig $f_{1\ 11\ 111}$. Blätter des jüngst differenzirten Wirtels. $F_{1\ 11\ 111}$ solche der vorhergehenden. d d_1 Scheitelzellen. Vergr. 400.

Fig. 7 u. 9. Sehr dünne, eine Zelldicke nicht erreichende Schnitte des Scheitels t Fig. 10. f f_1 Mediane der Blätter des jüngsten, F F_1 solche der Blätter des älteren Wirtels.

Fig. 8. Längsschnitte durch die Knospe derselben Pflanze. f f_1 Blätter des jüngst differenzirten Wirtels (F F_1 diejenigen des drittjüngsten, Fig. 5).

Fig. 15—20. Querschnitte der Knospe von Viscum album L. Vergr. 30—40-fach. v Gefässbündel des Blattes.

Fig. 16. Querschnitt durch den Vegetationskegel zur Zeit der Anlage eines neuen Wirtels f. ff. Alle Blätter sind im Gleichgewicht.

Fig. 17, 18, 20. Querschnitte durch Knospen, welche den Uebergang des dreigliedrigen Wirtels in den zweigliedrigen kennzeichnen.

Fig. 17. Ein Blatt des jüngsten Wirtels f ist gespalten (vergl. Fig. 21). 2 Blätter des vorhergehenden Wirtels sind über ein drittes im Uebergewicht.

Fig. 19. Querschnitt einer Knospe, welche den Uebergang des zweigliedrigen in den dreigliedrigen Wirtel kennzeichnet, t Scheitel des Vegetationspunktes, dessen Gestalt die eines ungleichseitigen Dreiecks. f ein späterschienenes Blatt.

Fig. 20. Aehnliches Präparat, F entspricht dem Blatte f, der vorhergehenden Figur.

Fig. 21, 22, 23. Ansichten von Knospen im Längsschnitt. Vergr. 10—15.

Fig. 21. Ein zweigliedriger Wirtel, in welchem ein Blatt f über das andere gefördert und gespalten ist.

Fig. 22. Längsschnitt einer Knospe durch die Medianebene des vorjüngsten, parallel den Blattflächen des jüngsten Wirtels.

Fig. 23. Aehnliches Präparat. Richtung der Schnittebene senkrecht zu der des vorhergehenden. t Vegetationspunkt.

Fig. 24. Ein zarter Querschnitt durch den Vegetationspunkt. h k m l bleibender Theil der freien Aussenfläche des Vegetationspunktes. h i m und k i_1 l Blattanlagen. Vergr. 180.

Fig. 25. Junges Blatt quer durchschnitten, f f_1 der Theil der Bauchseitenkante, welche der Scheitelfläche des Vegetationspunktes angrenzt. Vergr. 300.

Fig. 26. Der constant zweigliedrige Wirtel. t der Scheitel des Vegetationspunkts von oben gesehen. f jüngster, F älterer Wirtel.

Fig. 27. Querschnitt über dem Vegetationspunkt (Vegetationskegel). F, $F_{\prime\prime}$ Blätter des älteren dreigliedrigen Wirtels.

Fig. 28. Aehnliches Präparat: vom Vegetationspunkt t ist eine Platte abgetragen.

Fig. 29. Sehr zarter, eine Zellendicke nicht erreichender Querschnitt durch eine Knospe, welche zwischen constant zweigliedriger und constant dreigliedriger Wirtelanlage schwankt. 1 u. 2 die geförderteren Blätter, 3 das später angelegte Blatt (vergl. Fig. 19). Vergr. 180.

Fig. 30. Die mittlere Partie der Scheitelfläche desselben Vegetationspunktes stärker vergrössert, 350, h Kante des jüngsten, g h die eines älteren Blattes.

Fig. 31. Spaltung eines Vegetationspunktes in 2 ungleichwerthige Wirtel. In dem Wirtel links ist die Scheitelfläche von 2 Blättern beeinflusst, deren Anlegungen ein grösseres Intervall eingeschaltet ist. Dic Kante der Scheitelfläche t, welche dem Blatte II zugekehrt ist, ist erweitert, die Zellreihen der Scheitelfläche t, welche in Richtungen nahezu parallel den Blattmedianen in constant zweigliedrigen Wirteln verlaufen, haben hier einen schiefen Verlauf und die Kante jeder Zelle, welche dem Blatte II der Zeichnung zugekehrt, ist verbreitert. Die Fläche des Vegetationskegels, welche von dem Wirtel I a II a umgeben, zeigt ein weiteres Stadium des Uebergangs aus dem zwei- in den constant dreigliedrigen Wirtel, eine dritte Blattanlegung ist erfolgt, deren Medianebene parallel den Scheidewänden der Zellen des Vegetationspunktes läuft, welche den Blattebenen I a II a zugekehrt sind. Vergr. 180.

Fig. 32. a b Scheitel des Blattes d c i der Fig. 28 und kleine Partie der freien Aussenfläche des Vegetationspunktes. Vergrösserung 350.

Fig. 34. Zarter Querschnitt durch den Vegetationspunkt und die Blätter des jüngsten Wirtels, von welchen das zur Rechten ausgeführt. Die in zur Mediane der Blätter senkrechten Richtung verlaufenden Zellreihen h k sind diejenigen, in welchen die Zelltheilung nach Anlegung eines Wirtels am letzten erlischt. Vergl. Fig. 25. Vergr. 200.

Fig. 35. Dünner Längsschnit durch die Knospe nach Anlegung eines Wirtels, die Blätter desselben überragen den Vegetationskegel bereits, die freie Aussenfläche des letzteren überragt dagegen wiederum die Ebene, in welcher der letzte Wirtel, wovon F ein Blatt angelegt wurde. Vergr. 200. Die Ebene dieses Schnitts fiel mit der Mediane des Blattes F zusammen.

Fig. 33. Ein ähnliches Präparat wie das vorhergehende, die Ebene dieses Schnittes steht indess senkrecht zu der des vorigen (läuft mit der Bauchseite der Blätter des jüngsten Wirtels parallel). Links von i erhebt sich eine, rechts von i_1 eine zweite Blattanlage. In der Zone, welche durch Verlängerung (in die Zeichnung) der von i i_1 gezogenen Linien begrenzt wird, gehen die Theilungen durch Wände vor sich, welche in Richtung der Axe einen parallelen oder senkrechten Verlauf haben. Links und rechts dieser Zone haben diese Theilungen einen anderen Charakter Vergr. 200.

Fig. 39. Aehnliches Präparat wie das voriger Figur. Der Vegetationskegel hat in Richtung der Blattebene der vorhergehenden Blätter eine bedeutende Ausdehnung erfahren. Von i i_1 fangen Theilungen und Wachsthum an, die Erscheinung, welche in Fig. 32 deutlich war, hervorzurufen (das Präparat wurde 4 Wochen früher hergestellt als das der vorhergehenden Figur). Vergr. 300.

Fig. 38. Aehnliches Präparat aus derselben Zeit (Ende Februar). Die zur Linken symmetrische Seite wurde weggelassen. Die Blattanlage i l ist im Längenwachsthum hinter dem Vegetationskegel zurückgeblieben. Vergr. 300.

Fig. 36 u. 37. Eben abgetragene Scheitel (der Schnitt erreicht kaum die Dicke einer Zelle) zweier verschiedener Knospen, der Charakter des Wachsthums beider ist derselbe, in 36 ist die Scheitelfläche der in 37 voraus. In den Zellreihen i h k l einerseits und i_1 und den benachbarten Zellreihen wird die Anlage der 2 Blätter des nächsten Wirtels eingeleitet. f f_1 i die Bauchseitenkanten der in den Fig. nicht ausgeführten Blätter des vorhergehenden Wirtels (vergl. Fig. 34).

Fig. 40. Aelteres Blatt von D barbatus mit einer Partie des Gewebes der

Scheitelfläche. Das Blatt ist das ältere eines Wirtels, die intensivste Zellvermehrung in Richtung o p fällt im Gewebe des Vegetationspunktes nicht mehr mit der Linie o p oder den Zellreihen des Blattes zusammen. Der Scheitel des Vegetationspunktes erfuhr eine Erweiterung in Richtung des Pfeils, welche der Blattquerschnitt noch nicht mitgemacht hat.

Fig. 41. Die Scheitelfläche und Blätter des jüngsten Wirtels sind stärker vergrössert, 400. o p Mediane des Blattes 2, v q solche des Blattes 1.

Fig. 42. Knospenlängsschnitt durch die Mediane der Blätter des jüngsten Wirtels, a b Blätter, c Vegetationspunkt. Vergr. 50.

Fig. 43. Längsschnitt durch die Knospe der gleichen Pflanze. Die Ebene des Schnitts fällt mit der Mediane der Blätter des jüngsten Wirtels zusammen. Das Blatt rechts n a ist das ältere, dasjenige zur Linken a n_1 das jüngere. 1, 2, 3, 4 die charakteristischen Zellreihen jedes jungen Blattes. Vergr. 350.

Fig. 44. Längsschnitt, dessen Ebene mit derjenigen des vorigen sich kreuzt. c b_1 die Verlängerung der Kante der Scheitelfläche, welche dem ersten, a c diejenige, welche dem zweiten Blattscheitel den Ursprung gibt. Vergr. 350.

Fig. 45. Sehr dünner Querschnitt der Endknospe von Dianthus plumarius zur Zeit der Anlegung des ersten Blattes eines Wirtels. Rechts von n n_1 die Blattanlage, links davon die Scheitelfläche des Vegetationspunktes, dessen Wachsthum in dem gegebenen Zeitpunkt in der Richtung t f t_1 g am intensivsten. h i h die der thätigen Seite der Scheitelfläche angehörigen, mit ähnlichen Zellreihen der Blattanlage n n_1 c zusammenfallenden Zellreihen. Vergr. 800.

Fig. 46. Knospenlängsschnitt. Die Ebene dieses steht auf der der Figur 42 senkrecht. Beide kreuzen sich, Punkt c c beider Zeichnungen fallen zusammen. f älteres, f_1 jüngeres Blatt eines Wirtels. h jüngere, g ältere Blattanlage des jüngsten Wirtels. Vergr. 50.

Fig. 47 a u. b. Scheitel jüngster Blätter, a des jüngeren, b des älteren. Vergröss. 350.

Fig. 48 u. 49. Knospenquerschnitte von Dianthus plumarius.

Fig. 50. Eine Partie aus der terminalen Region des Laubes von Aneura pinnatifida. t Scheitelzelle, m n o p der Zellencomplex, welcher aus einer Zelle zweiten Grades derselben hervorgegangen, h i k Zellencomplex diesem gleichsinnig entstanden, auf der andern Seite von und aus t. $t_{,}$ und $t_{,,}$ Scheitelanlagen in diesen Zellencomplexen. $t_{,,}$ hat schon durch eine Wand h eine Zelle zweiten Grades abgeschieden. Vergr. 400.

Fig. 51. Scheitel von Mezgeria furcata, die Scheitelzelle t theilt sich durch eine mit der Axe parallele auf beiden Laubflächen senkrecht stehende Wand. Vergr. 400.

Fig. 52. Zwei verwachsene Sporen von Pellia calycina. Vergr. 400.

Fig. 53 u. 54. Sporen aus der Kapsel vor dem Oeffnen derselben mit SO_4H behandelt. Vergr. 400.

Fig. 55. Keimende Spore, zwei Wurzelhaare treibend. Vergr. 400.

Fig. 57. Weiteres Stadium dieser Keimpflanze. Vergr. 400.

Fig. 56 u. 59. Weitere Entwicklungsstadien von Keimpflänzchen. Vergr. 400.

Fig. 58. Scheitel einer solchen. Vergr. 400.

Fig. 60. Scheitel einer weiter entwickelten Keimpflanze. Der Vegetationspunkt besteht aus den zwei Scheitelzellen c und c_1 und den aus solchen entstandenen Zellen zweiten Grades. Vergr. 200.

Fig. 61. Aehnliches Präparat eines weiteren Stadiums derselben Pflanze, in den Zellen c und c_1 ist die Thätigkeit durch Theilung mittelst wechselnd nach links und rechts geneigter Wände in eine Zelltheilungsweise umgeschlagen, welche Scheidewände parallel dem Vorderrand und senkrecht zu beiden Laubflächen verlaufen lässt. Vergr. 200.

Fig. 62. Noch weiteres Stadium derselben Pflanze. Vergr. 200.

Fig. 63. Keimpflanze, in welcher aus dem Vegetationspunkt ein Mittellappen c hervorgetreten ist. Vergr. 150.

Fig. 64. Keimpflanze, bei welcher links und rechts vom Mittellappen 2 neue Lappen entstanden, der erstere erweiterte sich peripherisch und wurde von den Seitenlappen im Längenwachsthum überholt, e e_1 Seitenlappen ältesten Ursprungs, t t Vegetationspunkte jüngeren, t_1 t_1 solche älteren Ursprungs, c c_1 Mittellappen jüngeren Ursprungs, d d_1 Seitenlappen jüngeren Ursprungs. Vergr. 150.

Fig. 65 u. 66. Scheitelregion von Dianthus plumarius. Axilarspross Ende Mai. Fig. 66. Endknospe mit 4 deutlich differenzirten Wirteln. Fig. 68. Endknospe mit dem jüngsten Wirtel stärker vergrössert, 350. b b ältere Blattanlage, A A Axilarspross.

Schemata.

Schema 67 soll zunächst das Verhältniss der Verschiebung der medianen Wachsthumsrichtung für einen Wirtel demonstriren. a b c d sei die Scheitelfläche des Vegetationskegels zur Zeit der Anlegung des ersten Blattes. Die grösste Intensität des Wachsthums und der diesem folgenden Zellvermehrung fällt einem mittleren Theil der Kante a b zu, deren Medianlinie mit dem Pfeile 1 zusammenfällt, das kleine Rechteck 1 ist die mediane Zone der Blattanlage. In Richtung des Pfeils dauert das intensivste Dickenwachsthum fort. Kurze Zeit nach der Anlage von 1 wächst das Rechteck a b c d, seine Seite a b nach e f schiebend; hat das Areal seine gewisse Erweiterung erreicht, so beginnt ein medianer Theil der Seite f d nach rechts zu wachsen, die Hauptrichtung dieses Wachsthums fällt mit dem Pfeile 2 zusammen, die Verschiebung der Seite a b nach e f machte, dass die Pfeilrichtungen 1 und 2 nicht mehr zusammenfallen.

Schema 68 zeigt die Anlage eines zweiten Wirtels aus der Scheitelfläche c f e d. Das Wachsthum desselben äussert sich nach Anlage des Blattes 3, in der Verschiebung der Seite f d nach g h.

Note. Die Berücksichtigung des nachträglichen Wachsthums von den betreffenden Stengelquerschnitten und den Blattanlagen würde selbstverständlich das Schema zu complicirt gemacht haben. Legt man beide aufeinander derart, dass die gleichnamigen Punkte beider Zeichnungen zusammenfallen, so wird man sämmtliche Pfeilrichtungen (Blattmedianen beider) nicht zusammenfallend finden. Der seitliche Abstand je zweier parallel verlaufender Pfeile ist die Hälfte der Erweiterung c d a b nach c d e f.

Da jedes ältere Blatt eines Wirtels eine Verschiebung der Scheitelfläche mehr mitmacht, welche sein Areal vergrössert, so muss in einem Wirtel in jeder Höhe der Blattspreite durchschnitten ein Uebergewicht der Blattbreite für solch älteres Blatt wahrgenommen, ein Verhältniss, welches sich im Schema nicht wohl zeigen lässt (vergl. Fig. 47).

Schema 69. In den 2 vorhergehenden Wirtelanlagen wurde die Scheitelfläche erweitert nach oben und rechts um ein bestimmtes Maass c a. Die Anlage des dritten und vierten Wirtels bringt eine Verschiebung nach unten und links. Die Folge hiervon

ist das Zusammenfallen der Pfeilrichtungen 1, 2 mit 5 u. 6 von 3, 7 mit 4 u. 8, s. Schema 70. Die Anlage des dritten Wirtels verlegt e g das Schema 68 nach i k. Pfeilrichtung 5 u. 6 fällt mit derselben 1 u. 2 zusammen, da die Verschiebung nach oben des ersten durch eine entsprechende des dritten Wirtels nach unten ausgeglichen wurde.

Schema 70. Die Anlage des vierten Wirtels verursacht endlich eine Erweiterung nach links und gleicht die Erweiterung derjenigen des zweiten nach rechts aus. Die Seite i c des Schema 69 wird nach l m gerückt, die Scheitelfläche ist l m k h, die Medianen gleich alter Blätter der Wirtel 1 u. 3 und 2 u. 4 fallen zusammen. Zusammenlegen von 69 u. 70 mit Deckung der gleichnamigen Punkte beider Figuren ergibt die Lage sämmtlicher Medianen der 8 Blätter zu einem Fadenkreuz, dessen Schnittpunkt man sich in das Centrum der Ebene e f c d Schema 69 gelegt denken kann. Vergl. Fig. 48.

Schema 71. Die Lage der Zahlen gibt die Lage der Medianrichtungen entsprechender Blätter der 4 jüngsten Wirtel im wirklichen Abstand der medianen Bündel (Vergrösserung wie die der Fig. 48).

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen.

Von

Dr. E. Strasburger,

Privatdocent an der Hochschule in Warschau.

(Mit Taf. XXXV—XLII.)

Schon im Jahre 1833 versuchte Krocker jun.[1]) in seinem rühmlichst bekannten Werke: „de plantarum epidermide" auf das sonderbare Lagerungsverhältniss aufmerksam zu machen, das gewisse, die Spaltöffnung zunächst umgebenden Oberhautzellen in so auffallender Weise oft zeigen.

Dasselbe that Meyen[2]) in seinem „Neuen Systeme der Pflanzenphysiologie", allein eine Entwicklungsgeschichte und somit eine Begründung des Gesagten fehlte, und die Angaben von Krocker und Meyen wurden bald vergessen.

Und doch waren es diese eigenthümlichen Lagerungsverhältnisse gewisser Oberhautzellen, die vor Allem meine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, und mich vorigen Winter bestimmten, die scheinbar so oft besprochene Frage über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen noch ein Mal aufzunehmen.

---

1) Krocker, „de plantarum epidermide" Vradislaviae 1833. Vergl. auch seine Abbildungen, namentlich: von Blechnum australe Fig. 8, von Arrhenatherum avenaceum Fig. 8, Tradescantia discolor Fig. 11, Begonia spathulata Fig. 39 und Sempervivum arbicum Fig. 41.

2) J. Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie, 1837, pag. 278: „Ganz besondere Beachtung verdient es, dass bei gewissen Pflanzen die Zellen der Epidermis, welche zunächst der Hautdrüse gelegen sind, zu dieser eine gang eigenthümliche Stellung annehmen, wodurch oftmals die Erkennung der Structur der Drüse sehr erschwert wird. Der bekannteste dieser Fälle ist der bei der Tradescantia discolor, derselbe Bau kommt jedoch bei allen Tradescantien, bald mehr, bald weniger regelmässig vor. Vergl. Fig. 14. Taf. V;" aber auch die andern Figuren derselben Tafel.

Dem Herrn Prof. Pringsheim, meinem hochverehrten Lehrer, unter dessen Leitung im phytophysiologischen Laboratorium zu Jena ich diese meine Arbeit begonnen, und der auch späterhin, durch briefliche Mittheilungen, mich freundlichst unterstützte, fühle ich mich veranlasst, hiermit meinen innigst gefühlten Dank auszusprechen.

Mit Ausnahme von Krocker und von Meyen haben alle übrigen Forscher sich fast einzig nur mit den Theilungsvorgängen derjenigen Zelle beschäftigt, die ich Specialmutterzelle der Spaltöffnungen nennen möchte, weil sie direct die beiden Porenzellen erzeugt; — auf den Ursprung der Specialmutterzelle selbst wurde wenig Rücksicht genommen, und die oft sehr complicirten Theilungen, die der Entstehung dieser Zelle vorausgehen, sind constant bis jetzt übersehen worden.

Die ältesten Angaben über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen verdanken wir Unger[1]), v. Mohl[2]), Meyen[3]), Nägeli[4]) und Karsten[5]); spätere Garreau[6]) und Oudemans[7]); noch während des Laufes meiner Untersuchung erschien eine Arbeit von Sorauer[8]): „Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen".

Auf die Arbeiten von Unger, von v. Mohl und Nägeli brauche ich kaum näher einzugehen, da sie hinlänglich bekannt, oder doch in jedem Handbuche leicht nachzuschlagen sind; hervorzuheben wären etwa nur die Hauptdifferenzen.

Nach den Angaben von Nägeli sind die Mutterzellen der Spaltöffnungen nur in der Längsentwicklung zurückgebliebene Oberhautzellen; während Unger entschieden behauptet, und auch v. Mohl anzunehmen scheint, dass sie dem, unter der Oberhaut liegenden Parenchym angehören. Nach Nägeli wird der ursprüngliche eine

---

1) Unger, Exanthemum der Pflanzen 1833 und Bot. Zeit. II. 522.

2) Hugo v. Mohl, Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen Linnaea 1838.

3) J. Meyen, Beiträge zur Bildungsgeschichte verschiedener Pflanzentheile mit 3 Tafeln. Müllers Archiv 1839, p. 253.

4) Nägeli, Linnaea 1842.

5) Karsten, Bot. Zeit. 1848, pag. 734.

6) Garreau, Mémoire sur la formation des stomates, dans l'épiderme des feuilles de l'éphemère des jardins, et l'évolution des cellules qui les avoisinent. Ann. d. sc. nat. 1854. 14 Serie p. 213 1 vol.

7) Oudemans, Extrait des comptes rendus de l'acad. royal. d. sciences. Section sciences exactes Volume XIV. Amsterdam 1862.

8) Paul Sorauer, Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen. Bot. Unters. aus dem physiolog. Laborat. der landwirthschaftl. Lehranstalt in Berlin von H. Karsten. 1. Heft pag. 1. 1865.

Zellkern der Mutterzelle aufgelöst, an seiner Stelle aber zeigen sich zwei neue, und wird die Bildung der mittleren Scheidewand durch das Aneinanderstossen zwei neuer, selbstständig angelegter Zellen bedingt; v. Mohl dagegen behauptet (im Nachtrage Verm. Schrift. pag. 254), dass die beiden neuen Zellkerne durch Theilung aus dem ursprünglich einen entstehen, und dass nach beendigter Theilung dieses Zellkernes die neue Scheidewand als eine rings um die Zelle laufende, in die Höhle derselben vorspringende Leiste sich bilde.

Nach den Angaben von Nägeli soll endlich die Spalte einer zwischen den Porenzellen ausgeschiedenen Luftblase ihre Entstehung verdanken, während v. Mohl behauptet, dass sie als eine von aussen nach innen eindringende, schliesslich in der Mitte zusammenmündende Furche sich bilde.

Mit den Angaben v. Mohl's stimmen auch die Angaben Meyen's überein, nur dass Meyen dem Zellkerne jede Bedeutung bei der Zelltheilung absprechen möchte; dagegen versuchte Karsten im Jahre 1848 eine ganz abweichende Deutung des Vorganges. Nach seiner Auffassungsweise wären drei Zellen nöthig, um eine Spaltöffnung zu erzeugen, und die eigentliche Spalte ein Product der mittleren dieser drei Zellen, nach erfolgter Resorption der oberen und unteren Wand derselben.

Diese Angaben Karsten's standen in naher Beziehung zu seiner Zellentheorie, und wurden im Grossen und Ganzen ebensowenig berücksichtigt als jene; um so sonderbarer musste es erscheinen, dass heute noch, nachdem die Lehre von der Zelltheilung so bedeutende Fortschritte gemacht, ein Schüler Karsten's, Herr Sorauer mit denselben Angaben aufzutreten, und sie in seinem Aufsatze: „Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen“ zu vertheidigen wagt.

Auffallender Weise hatten, mit einziger Ausnahme Meyen's, sämmtliche der früheren Forscher sich auf die Untersuchung monocotyler Gewächse, vor Allem der Liliaceen beschränkt. Die Spaltöffnungen der Liliaceen sind sehr gross, und schienen deshalb für die Entscheidung der Frage über Entwicklungsgeschichte besonders geeignet.

Gerade der Umstand aber, dass Liliaceen nur untersucht worden, kann theilweise erklären, warum alle die Theilungen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen, bis jetzt fast unberücksichtigt geblieben.

Wie wir sehr bald sehen werden, bieten uns die Liliaceen den

einfachsten Fall der Entstehung der Specialmutterzelle dar, die Specialmutterzelle wird hier durch den ersten und einzigen Theilungsschritt angelegt; der Vorgang der Theilung ist also gerade seiner Einfachheit wegen am leichtesten zu übersehen.

So gelang es denn auch erst Oudemans, im Jahre 1862, in seinem Aufsatze: „Mémoire pour servir de reponse à la question: Si les stomates derivent de cellules épidermiques, ou bien de cellules parenchymatiques sous-jacentes?“ einiges Licht auf diesen Punkt zu werfen, und zu zeigen, dass die Specialmutterzellen durch Theilung aus gewöhnlichen Oberhautzellen entstehen. Die Beobachtung wurde an Aloe-Arten, also eigentlich auch Liliaceen, gemacht und somit nur der einfachste Fall der Entstehung der Specialmutterzelle ermittelt, ein Fall, der wenig Aufsehen machte und bisher auch ganz vereinzelt geblieben. Diese Arbeit von Oudemans muss auch Herrn Sorauer unbekannt geblieben sein, denn er hat in seinem Aufsatze nichts von ihr erwähnt und weiss überhaupt über die Entstehungsweise der Specialmutterzelle noch nichts anzugeben.

Doch auch wir wollen für den Augenblick unberücksichtigt lassen, wie und wo die Specialmutterzelle angelegt worden, und uns nur mit dem Theilungsvorgange derselben beschäftigen.

Ich habe Hyacinthus Iris, aber auch Pflanzen aus anderen Familien untersucht, und meine Beobachtungen stimmen in diesen Punkten fast genau mit denen von Hugo v. Mohl überein. — Die Deutung des Vorganges möchte nun freilich eine andere sein, den neueren Auffassungen über Zelltheilung, zu denen v. Mohl ja selbst nicht wenig beigetragen, mehr angemessen. Das Object selbst ist viel zu ungünstig, um neue Anschauungen über Zelltheilung anzubahnen, und will ich mich im Vorliegenden auf einfache Angaben der Beobachtungsreihe beschränken.

Die junge Specialmutterzelle der Spaltöffnung ist mit protoplasmatischem Inhalte reich angefüllt, und führt einen grossen, centralen, meist sichtbaren Zellkern. An die Stelle dieses einen Zellkernes sieht man bald zwei neue auftreten; sie entstehen zweifelsohne durch Theilung aus dem ursprünglichen, wie v. Mohl bereits richtig angegeben und auf Taf. IV seiner Verm. Schrift. Fig. 31—36 abgebildet hat. Der Vorgang der Theilung lässt sich bei Anwendung stark verdünnter Reagentien oft nicht schwer verfolgen. — Gleichzeitig mit der Theilung das Zellkernes beginnt die Bildung der neuen Scheidewand, die als vorspringende ringförmige Leiste

(Falte) langsam nach der Mitte fortschreitet, um schliesslich die Theilung abzuschliessen. Diese Scheidewand zunächst mit doppelter Contour kaum sichtbar, zeichnet sich immer schärfer und bald zeigt sich auch eine mittlere Linie, welche die scheinbar einfache Lamelle nun in zwei Lamellen spaltet. Jetzt beginnt auch die Bildung der Spalte. Die Spalte entsteht, wie v. Mohl richtig angiebt, als eine von aussen nach innen vordringende, schliesslich zusammenmündende Furche, so dass die Zellen in der Mitte ihrer Höhe zuletzt auseinanderweichen. Eine Einwirkung benachbarter Oberhautzellen auf die Bildung der Spalte ist also kaum denkbar, und möchten die mechanischen Ursachen weit eher in Spannungsdifferenzen der jungen Porenzellen selbst zu suchen sein.

Mit beendigter Bildung der Spalte schliesst auch der Entwicklungscyclus der Spaltöffnungen ab, die Porenzellen, und namentlich die mittlere Wand derselben wird stark verdickt, und unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft eine Cuticula gebildet, die bei manchen Pflanzen bis in die Athemhöhle, oft in ganz ausgezeichneter Weise, sich verfolgen lässt; ja in seltneren Fällen, so bei Ficus elastica, bilden die Porenzellen sogar Cuticularschichten, die den Cuticularschichten der benachbarten Oberhautzellen an Stärke gleich kommen können, und scheinbar selbst eine directe Fortsetzung derselben bilden.

Doch komme ich auf die genannten Verhältnisse noch einmal zu sprechen, wenn wir die Querschnitte unserer Spaltöffnungen einzeln für sich betrachten werden, und wären wir für jetzt an den Schluss dieser Beobachtungsreihe, und somit auch unserer Einleitung gelangt.

Was die citirten Angaben von Garreau und andere speciellere Beobachtungen über äussere Gestalt, Bau und Vertheilung fertiger Spaltöffnungen anbetrifft, will ich diese weiter im Texte noch berühren und gehe nun zu dem speciellen Theile meiner Arbeit über.

Da uns hier meist neue, oft complicirte Verhältnisse entgegentreten werden, will ich die Beispiele zunächst einzeln anführen, und erst am Schlusse versuchen, die Hauptresultate der Arbeit übersichtlich zusammenzufassen; auch schlage ich bei dieser Aufzählung den Weg ein, der mir der naturgemässeste erscheint: ich werde mit den einfachsten Beobachtungen beginnen, dann weiter zu immer complicirteren schreiten.

Den einfachsten der mir bekannten, und der zugleich auch möglichen, Fälle bieten uns die Irideen, Liliaceen, Colchicaceen, aber auch

Pflanzen aus allen möglichen Familien dar. Ich wähle hier zunächst als instructives Beispiel: Iris pumila.

An der Basis eines jungen, entwicklungsfähigen, noch wachsenden Blattes besteht die Oberhaut dieser Pflanze aus länglichen, sehr dünnwandigen Epidermiszellen, fast von einer Gestalt und Grösse (Taf. XXXV, Fig. 1).

Etwas höher am Blatte, wo die Gewebe unbedeutend älter geworden, zeigen sich unter den erwähnten, langgestreckten Oberhautzellen kleinere, ebenso breite, doch bei weitem kürzere Zellen. Diese Zellen treten zunächst nur spärlich, nur vereinzelt auf; je höher am Blatte wir aber unsere Beobachtungen anstellen, desto zahlreicher werden sie, und wir können uns jetzt auf das leichteste überzeugen, dass sie durch Theilung aus den langgestreckten entstehen (Taf. XXXV, Fig. 2 a). Die sich theilende Oberhautzelle ist weder durch Inhalt, noch durch Grösse von den benachbarten Oberhautzellen verschieden. Die Theilung erfolgt durch eine quere Scheidewand und die Zelle zerfällt hierbei in zwei ungleiche und ungleichwerthige Tochterzellen: in eine kleinere, die durch Theilung direct die beiden Porenzellen erzeugt, als Specialmutterzelle der Spaltöffnung also zu bezeichnen wäre, und in eine bei weitem grössere, die fortan gewöhnliche Oberhautzelle verbleibt. Die Specialmutterzelle scheint ausnahmslos aus dem vorderen, die erwähnte Oberhautzelle aus dem hinteren Theile der ursprünglichen Mutterzelle zu entstehen.

Am leichtesten war dies zu verfolgen, wenn der in unserer Fig. 2 bei b verzeichnete Fall sich ereignete, und eine der sich theilenden Oberhautzellen mit ihrem vorderen Ende zwei Oberhautzellen berührte, statt wie gewöhnlich nur an eine zu grenzen.

Schon diese erste Beobachtungsreihe zeigt uns, dass weder Unger, v. Mohl, noch Nägeli in ihrer Auffassung der Entwicklungsgeschichte völlig recht gehabt; bestätigt dagegen Oudemans' Angaben für die Aloe-Arten.

Die Specialmutterzelle ist weder eine in der Entwicklung zurückgebliebene Oberhautzelle, noch darf sie dem unter der Oberhaut liegenden Parenchym zugesprochen werden, wohl aber ist sie ein Theilungsproduct gewöhnlicher Oberhautzellen. Sie gehört der Oberhaut, wenn auch in einem anderen Sinne, als es Nägeli gemeint.

Die erwähnte Beobachtung bietet uns zugleich den einfachsten Fall der Entstehung der Specialmutterzelle dar, die Specialmutterzelle wird hier durch den ersten Theilungsschritt angelegt, und was

mehr, dieser Theilungsschritt ist von gewöhnlicher Zelltheilung nicht zu unterscheiden.

Doch wir kehren zu unseren Specialmutterzellen zurück. — Kaum angelegt, beginnen sie rasch zu wachsen, nehmen bedeutend an Umfang zu, und etwas höher am Blatte treffen wir sie im Stadium unserer Fig. 3, Taf. XXXV. Jetzt runden sich unsere Zellen in charakteristischer Weise ab, wahrscheinlich werden sie in ihrem Ausdehnungsstreben von den benachbarten Oberhautzellen gestört, denn diese Ausdehnung erfolgt bald nicht mehr in Einer Ebene mit jenen, und sie vergrössern sich besonders in ihren unteren Theilen, während ihre obere Contour von den Rändern der benachbarten Oberhautzellen gebildet wird (Fig. 4, Taf. XXXV).

Jetzt schicken sich die Specialmutterzellen in der uns bekannten Art und Weise zur Theilung an; der Vorgang beginnt mit der Theilung der Zellkerne und endet mit der Abschliessung der mittleren Scheidewand (Taf. XXXV, Fig. 5). — Die benachbarten Oberhautzellen erheben sich immer mehr und mehr über die jungen Porenzellen und bilden den sogenannten Trichter, einen immer tiefer werdenden Kanal, der nach den Porenzellen führt (Fig. 10, Taf. XXXV). Haben die Porenzellen die Grösse unserer Fig. 6, Taf. XXXV erreicht, so pflegen die ersten Spuren der mittleren Spalte sichtbar zu werden, die Spalte vergrössert sich rasch (Fig. 7, Taf. XXXV) und bald hat das ganze Organ seine definitive Gestalt und Grösse erreicht (Fig. 8, 9 u. 10, Taf. XXXV). Der Trichter und die eigentliche Spalte füllen sich mit Luft und bilden von nun an eine ununterbrochene Communication der äusseren Atmosphäre und der Binnenluft.

Bei Hyacinthus durchläuft die Spaltöffnung ganz die nämlichen Entwicklungsstadien, auch hier entstehen die Specialmutterzellen aus der vorderen kleineren Hälfte der gewöhnlichen, langgestreckten Oberhautzellen, auch hier werden sie durch den ersten Theilungsschritt angelegt. Und doch unterscheiden sich die fertigen Spaltöffnungen beider Pflanzen in ihrem anatomischen Baue sehr bedeutend. Der Grund dieser Verschiedenheit möchte unter andern darin zu suchen sein, dass die Spaltöffnungen der letztgenannten Pflanze sich ganz frei, und in Einer Ebene mit den angrenzenden Oberhautzellen entwickeln können. Die fertige Spaltöffnung wird von den benachbarten Oberhautzellen nur ein wenig und zwar von unten her umgriffen, und fehlt auch der für Iris so charakteristische Trichter. Ich habe auf Taf. XXXV die Spaltöffnung von oben (Fig. 11), von unten (Fig. 12), von der Seite (Fig. 13) und im Querschnitt (Fig. 14) dargestellt, und

bitte ich meine Zeichnungen mit den entsprechenden bei Sorauer zu vergleichen [1]).

Ganz ähnlich wie Liliaceen, verhält sich auch Orchis latifolia, überhaupt unsere einheimischen Orchideen (auf die tropischen komme ich später zu reden). Der Unterschied in der Entwicklung wird einzig dadurch bedingt, dass wir es hier mit polygonalen statt mit langgestreckten Zellen zu thun haben. Die Theilung erfolgt ganz wie bei Liliaceen (Fig. 15, Taf. XXXV), doch wächst die Specialmutterzelle bald bedeutender in ihrer vorderen, als in ihrer hinteren Hälfte, rückt langsam aus den ursprünglichen Contouren ihrer Mutterzelle hinaus (Fig. 16, 17, Taf. XXXV), und die fertige Spaltöffnung kommt so mitten zwischen vier, seltner mehr Oberhautzellen zu liegen.

Während in den bis jetzt untersuchten Oberhäuten die jungen Zellen stets in Längsreihen angeordnet waren, und ein Vorn und Hinten an den Zellen sich unterscheiden liess, so dass wir in jedem Falle bestimmen konnten, aus welchem, dem vorderen oder dem hinteren Theile der Oberhautzelle, die Specialmutterzelle angelegt worden, wird dieses bei den nun folgenden Pflanzen unthunlich, weil durch frühzeitige, scheinbar regellose Theilungen die ursprüngliche Anordnung der Zellen verwischt wird.

Zu diesen Pflanzen gehört unter anderen: Sambucus und Ruta, an diese möchten sich wieder Paeonia, Bellis perennis, Menyanthes, Veronica chamaedrys, Penstemon, also Pflanzen aus allen möglichen Familien anschliessen.

Die Entwicklungsgeschichte stimmt, wie unsere Fig. 21 und 22, Taf. XXXVI für Sambucus nigra wohl zur Genüge zeigen, mit derjenigen früherer Pflanzen überein; durch nachträgliche Theilungen benachbarter Oberhautzellen werden die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse aber so verwischt, dass aus dem fertigen Zustande kaum mehr auf die Aehnlichkeit der Entwicklungsgeschichte sich zurückschliessen liesse.

Bei Sambucus (Fig. 24, Taf. XXXVI) haben sich wie bei Hyacinthus die Spaltöffnungen in Einer Ebene mit den benachbarten Oberhautzellen entwickelt, während der Querschnitt von Ruta (Fig. 26, Taf. XXXVI) mehr an Iris erinnert.

In der unmittelbaren Nähe von Sambucus und Ruta steht auch

1) Vergl. auch die sehr schönen Abbildungen einiger Monocotyledonen-Spaltöffnungen (Flächenansichten und Querschnitte) bei v. Mohl in der Bot. Zeitg. 1856, Taf. XIII.



eine Pflanze, die ich hier besonders behandeln möchte, weil ihr lange Zeit hindurch die Porenzellen ganz abgesprochen wurden; diese Pflanze ist Salvinia natans.

So viel mir bekannt, war Schleiden der erste, der diese Vermuthung ausgesprochen und durch eine Zeichnung (Grundzüge IV. Aufl. Fig. 79 pag. 198) zu bekräftigen suchte; seitdem ist sie in alle Handbücher übergegangen.

Schleiden sagt in der Erklärung seiner Salvinia-Abbildung (Grundz. pag. 198): „Man bemerkt die Spaltöffnungen in der einfachsten Form, als Intercellulargänge zwischen den Oberhautzellen.“ — Diese Erklärung Schleiden's beruht auf einem Irrthume; Schleiden hat sich durch den eigenthümlichen Bau der Oberhaut und die dadurch verursachte Lichtbrechung — die die Porenzellen unkenntlich macht — täuschen lassen.

In Wirklichkeit besteht die Oberhaut der Salvinia aus runden Zellen, die wie kugeliges Parenchym sich nur mit wenigen Punkten der Peripherie, seitlich in einer horizontalen Ebene berühren, und wie bei allen Farnen reichlich Chlorophyll führen (Fig. 29—30, Taf. XXXVI). Zwischen diesen Zellen, auf der Oberhaut des Blattes tief eingesenkt, liegen die Spaltöffnungen (Fig. 29—30). — Diese Spaltöffnungen werden durch die starke Lichtbrechung an den convexen Seitenwänden der Oberhautzellen so undeutlich gemacht, dass sie leicht übersehen werden können; man muss die Flächenschnitte erst unter der Luftpumpe mit Wasser injiciren, um klare Bilder zu bekommen. — Jetzt sieht man, dass bei Salvinia wie bei höheren Pflanzen wirkliche Porenzellen vorhanden sind, dass sie aber durch die benachbarten Oberhautzellen so beengt werden, dass sie meist die Gestalt des durch dieselben gebildeten Intercellularganges angenommen haben; nur hin und wieder ist dieser Intercellulargang weit genug, um eine freie Entwicklung der nun halbmondförmig werdenden Zellen zuzulassen. In allen Fällen lassen die Porenzellen eine verhältnissmässig ziemlich weite Spalte (Fig. 29, Taf. XXXVI) zwischen sich, was auch auf Querschnitten sich verfolgen lässt (Fig. 30, Taf. XXXVI). Eine Eigenthümlichkeit zeigen die Porenzellen, die ich sonst nirgends angetroffen habe; während nämlich die benachbarten Oberhautzellen mit Chlorophyll dicht angefüllt sind, führen die Porenzellen nur farblosen feinkörnigen Inhalt; dies mag zur Täuschung Schleiden's mit beigetragen haben.

Die Entwicklungsgeschichte der Salvinia-Spaltöffnungen stimmt im Princip mit der von Sambucus überein; auch hier, wie in allen anderen

Fällen, werden die Specialmutterzellen durch Theilung der Oberhautzellen, also zunächst auch in Einer Ebene mit diesen letzteren angelegt (Fig. 27, Taf. XXXVI), in späteren Entwicklungszuständen runden sich die Oberhautzellen immer mehr ab und erheben sich, stark convex werdend, nach aussen. — Das übrige ist aus den Zeichnungen Fig. 28, 29—30, Taf. XXXVI leicht zu ersehen.

Weiter schliessen sich hier die eigentlichen Farne an. — Auch diese bieten Eigenthümlichkeiten, die nähere Berücksichtigung verdienen. Einige Farne, wie Asplenium furcatum (Fig. 33, 34, 35, Taf. XXXVI), erinnern ganz an die Anordnung und die Entwicklungsgeschichte bei den Monocotyledonen; freilich können ihre Spaltöffnungen sich dabei im anatomischen Baue sehr wesentlich von den monocotylen Spaltöffnungen unterscheiden. — An diese Farne schliessen sich auch die Lycopodiaceen, namentlich Selaginella[1]) (Fig. 31 u. 32 Taf. XXXVI) an. Andere Farne bieten Verhältnisse, die von den früher besprochenen sich oft bedeutend entfernen, als Beispiel könnte Asplenium bulbiferum angeführt werden.

Die junge Oberhaut von Asplenium bulbiferum besteht aus polygonalen Zellen. Diese Zellen theilen sich, wie in allen früher besprochenen Fällen, um je eine Specialmutterzelle, und je eine Oberhautzelle zu erzeugen; allein die Art der Theilung kann von der gewöhnlichen Theilung, wie wir sie am einfachsten bei Irideen und Liliaceen angetroffen, schon bedeutend abweichen. So erinnert die Theilung bei a in unserer Fig. 36, Taf. XXXVI noch ganz an die Theilung bei Orchideen, während wir bei c einen ganz eigenthümlichen, neuen Fall vor uns haben, wo die vordere kleine Zelle U-förmig gestaltet ist, nur mit ihrer vorderen flachen Wand die eine Wand ihrer Mutterzelle berührt, im Uebrigen aber von ihrer Schwesterzelle umfasst wird. Bei der Mehrzahl der Farne wird diese zweite Art der Theilung zur allgemeinen Regel, und Asplenium bulbiferum bildet so gleichsam den Uebergang von Asplenium furcatum zu bald zu folgenden Fällen. — Asplenium bulbiferum bietet uns aber auch noch andere Eigenthümlichkeiten. Die auf die eine oder andere der beschriebenen Weisen angelegte Specialmutterzelle wächst bedeutender in ihrer vorderen Hälfte und tritt langsam aus den ursprünglichen Contouren ihrer Mutterzelle hervor; ist dies geschehen, so erfolgt

1) Bei Selaginella liegen die Spaltöffnungen nur in der Mittellinie des Blattes, ausnahmsweise über dem Gefässbündel, welches hier aber in schwammförmigem Parenchym gleichsam suspendirt erscheint.



ihre Theilung; allein diese Theilung braucht nicht, wie in allen früheren Fällen, schon eine Längstheilung zu sein und die beiden Porenzellen zu erzeugen, sondern es kommt ganz eben so oft auch vor, dass sie völlig an den ersten Theilungsschritt erinnert (Fig. 37, 38, Taf. XXXVII). Die neu angelegte Zelle berührt dann wieder nur die eine vordere Wand ihrer Mutterzelle und wird im Uebrigen von ihrer Schwesterzelle umfasst. — In seltenen Fällen wiederholt sich der ähnliche Vorgang noch ein drittes Mal, immer ist es dann die zuletzt so angelegte Zelle, die als wirkliche Specialmutterzelle fungirt, nach vorn aus den Contouren der Mutterzelle hervorwächst und durch Längstheilung die beiden Porenzellen erzeugt. Da die charakteristische Gestalt dieser Uebergangsgebilde sich auch in späteren Stadien nur wenig verwischt, so erhalten wir bei Betrachtung fertiger Spaltöffnungen Bilder, wie sie unsere Fig. 39 u. 40, Taf. XXXVII vorstellen, in welchen die Spaltöffnung entweder direct von einer gewöhnlichen Oberhautzelle (Fig. 39 a), oder auch von einer (Fig. 39 b), ja von zwei veränderten Oberhautzellen umgeben erscheint, je nachdem sie durch den ersten, den zweiten, oder auch den dritten Theilungsschritt entstanden war.

Wir lernen so bei Asplenium bulbiferum einen neuen Fall kennen, wo die Specialmutterzelle sowohl durch den ersten als durch einen späteren Theilungsschritt angelegt werden kann, und bekommen hier somit die erste Andeutung der complicirten Theilungen, zu deren Besprechung wir alsbald kommen werden.

Um jeglicher Begriffsverwirrung vorzubeugen, fühlen wir uns durch Asplenium bulbiferum veranlasst, hier einige neue Ausdrücke einzuführen. Wir haben, ähnlich wie es bis jetzt in der Entwicklungsgeschichte des Pollens geschehen, die Zelle, welche hier die Porenzellen direct erzeugt, Specialmutterzelle genannt, wir werden auch fernerhin diesen Ausdruck beibehalten; in den Fällen aber, wo wir es, wie bei Asplenium bulbiferum, mit Uebergangsgebilden zu thun haben werden, diese letzteren als Mutterzellen ersten, zweiten oder höheren Grades bezeichnen; die Oberhautzelle, welche diese provisorischen Mutterzellen oder auch direct die Specialmutterzelle erzeugt, schliesslich „Urmutterzelle der Spaltöffnung“ nennen. Wir würden nun sagen: bei Iris, Orchis, Salvinia etc. wird die Specialmutterzelle durch den ersten Theilungsschritt der Urmutterzelle angelegt, während bei Asplenium bulbiferum weit häufiger der Fall eintritt, dass die Bildung einer oder mehrerer Mutterzellen dem Erscheinen der Specialmutterzelle vorausgeht.

Je nachdem die Specialmutterzelle von Asplenium bulbiferum durch den ersten oder durch einen weiteren Theilungsschritt angelegt wurde, erscheint die fertige Spaltöffnung auch auf dem Querschnitte von gewöhnlichen Oberhautzellen, aber auch von einem oder zwei Paaren kleinerer, schwächer verdickter Oberhautzellen umgeben; diese schwächeren Zellen sind die halbmondförmigen Zellen der Flächenansichten. — Unsere Fig. 41, Taf. XXXVII entspricht der Fig. 39 b, die Specialmutterzelle ist hier durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden und a und a stellt die zwei Mal durchschnittene halbmondförmige Zelle dar.

Die neue Art der Theilung, die wir bei Asplenium bulbiferum kennen gelernt, ist nicht allein den Farnen eigen, ganz dieselbe Einrichtung fand sich bei Plantagineen (Plantago purpurascens, recurvata, fuscescens), auch bei Centradenia rosea, grandifolia [1]), Epilobium, Oenothera [2]) und den Sileneen.

Silene inflata ist zur Beobachtung des Vorganges so günstig, dass ich sie hier nicht unberücksichtigt lassen kann.

Die junge Oberhaut besteht aus fast viereckigen, in Längsreihen angeordneten Zellen. Die Specialmutterzellen werden sehr spät angelegt, nachdem die Oberhautzellen verhältnissmässig eine bedeutende Grösse erreicht. Fast eine jede Oberhautzelle wird zur Urmutterzelle einer Spaltöffnung, und zerfällt in zwei Schwesterzellen, von welchen die obere nur einen kleinen Theil ihrer oberen Wand berührt (Fig. 42, Taf. XXXVII) und um das vielfache kleiner als ihre Schwesterzelle erscheint. Auch der Vorgang der Theilung lässt sich hier leicht verfolgen. Man sieht den Zellkern der Urmutterzelle sich der oberen Wand derselben an der Stelle anlegen, wo später die Specialmutterzelle erscheinen soll (Fig. 42 a), der Zellkern verdoppelt sich langsam und gleichzeitig sieht man eine U-förmige Scheidewand auftreten, die die Theilung beschliesst (Fig. 42 b). Die Wände der jungen Specialmutterzelle sind hier, ganz wie bei Farnen, stark nach unten und innen geneigt, und nimmt die junge Zelle, von ihrem ersten Auftreten an, auch ausnahmslos, die ganze Höhe der Urmutterzelle in Anspruch. — Dies Alles zeigt, dass wir es hier mit Zelltheilung, nicht etwa mit freier Zellbildung zu thun haben.

---

1) Bei Centradenia rosea, Chrysodium vulgare wird die Specialmutterzelle fast ausnahmslos durch den ersten, bei Centradenia grandifolia, Plantagineen auch hin und wieder durch den zweiten Theilungsschritt angelegt.

2) Bei Epilobium, Oenothera durch weitere Veränderungen im fertigen Zustande stark verwischt.



Eben so leicht lassen sich auch die späteren Phasen der Entwicklung, die Theilung der Specialmutterzellen, die Bildung der Spalte, bei unserer Silene verfolgen (Fig. 43, 44, Taf. XXXVII), bis die Spaltöffnung ihre endliche Gestalt und Grösse angenommen (Fig. 45, 46). Orchis-ähnliche Theilungen, wie wir sie bei Asplenium bulbiferum noch kennen gelernt, kommen bei Silene nicht mehr vor, auch wächst die Specialmutterzelle hier fast gleichmässig in ihrem ganzen Umfange, und behält im fertigen Zustande fast genau die Stelle, die sie in dem jugendlichen Gewebe eingenommen.

Fast ganz genau die nämliche Entwicklungsgeschichte, wie bei Silene, treffen wir bei einem Farne, das wir der Reihe nach hier zu erwähnen hätten, weil es den Uebergang zu noch weiteren Zuständen vermittelt. Dieses Farn ist Chrysodium vulgare, und würde ausserdem die am meisten verbreitete Anordnung der Farn-Spaltöffnungen vorstellen.

Die Specialmutterzelle wächst bei Chrysodium vulgare fast mehr in ihrer hinteren, als in ihrer vorderen Hälfte; die Spaltöffnung tritt also nicht nur aus den ursprünglichen Contouren der Urmutterzelle nicht hervor, sondern sie wird im fertigen Zustande von ihrer Schwesterzelle bis auf einen kleinen Raum, also fast vollständig umfasst (Fig. 47, 48, Taf. XXXVII).

So werden wir auf diesem Wege langsam zu einer eigenthümlichen Erscheinung geführt, deren Verständniss mir auf den ersten Blick manche Schwierigkeit gemacht — ich spreche von der Anordnung der Spaltöffnungen bei Aneimia-Arten. Die Spaltöffnung der Aneimia fraxinifolia liegt mitten in einer Oberhautzelle, ohne die Seitenwand derselben an irgend welchem Punkte zu berühren, sie wird ringförmig von dieser Oberhautzelle umfasst und ruht in derselben gleichsam wie in einem Rahmen (Fig. 56 a b, auf Taf. XXXVIII).

Diese eigenthümliche Lagerung war kürzlich auch Herrn Oudemans aufgefallen, und glaubte er der erste zu sein, der sie entdeckte, während doch schon weit früher Link — in seinen „Ausgewählten anatomisch-botanischen Abbildungen“ Heft III Taf. IV Fig. 8, Berlin 1841 — sie ganz richtig abgebildet hatte. Ich kann mir nicht versagen, die Ansichten Oudemans' über die Ursachen dieser Anordnung hier wiederzugeben. Die Mittheilung wurde von ihm persönlich auf der Versammlung zu Amsterdam im Jahre 1865 gemacht und findet sich verzeichnet in dem „Bulletin du congrès international de botanique et d'horticulture réuni à Amsterdam les 7. 8. 10

et 11. Avril 1865; Rotterdam 1866." — M. Oudemans, Sur l'origine des stomates de quelques espèces d'Aneimia pag. 85.

Herr Oudemans sagt wörtlich:

„Quatres solutions se sont présentées à mon esprit (um diese Lage zu erklären) — on peut les formuler en ces termes.

1) „Les stomates sont originaire d'un nucléus, qui après avoir occupé le centre des cellules épidermiques annuliformes, c'est transformé d'abord en cellule — mère puis en deux cellules — filles, séparées par une fente.

2) „Les stomates sont originaire d'une cellule parenchymateuse sous épidermique, qui pénétrant par le milieu de certaines cellules épidermiques, les a transformées en cellules annuliformes et s'est divisée en deux autres semilunaires.

3) „Les stomates doivent être considérés comme provenant d'un poil, composé primitivement de deux cellules, l'une basilaire et autre apicale, et dont la dernière tout en grandissant dans sa moitié inférieure aura fini par détruire la cellule basilaire, en perforant la cellule épidermique du centre de laquelle le poil aurait prit naissance.

4) „Les stomates ne sont que des cellules épidermiques divisées comme de coutume en deux moitiés semilunulaires, par une cloison longitudinale. Leur position extraordinaire au centre des cellules épidermiques doit être expliquée par l'absorption des parois latérales, qui primitivement divisaient les cellules annulaires en plusieurs portions et maintenaient le rapport entre la circonference externe et interne de l'anneau."

Eine Entwicklungsgeschichte der besagten Organe ist Herrn Oudemans, wie er selbst zugiebt, nicht gelungen, und nun versucht er weiter aprioristisch zu bestimmen, welche seiner vier Wahrscheinlichkeiten die richtige sein möchte. Herr Oudemans hat gesehen, dass die, die Spaltöffnung erzeugende Zelle frühzeitig, noch vor der Theilung in zwei Porenzellen, über die benachbarten Oberhautzellen ragt, — das macht ihm von vorn herein seine beiden ersten Sätze unwahrscheinlich; — für den dritten Satz, dass die Aneimia-Spaltöffnungen Ueberreste von Haaren seien, spricht, sagt er, keine ähnliche Beobachtung (und doch hat Verfasser diesen Satz aufgestellt!!), also bleibt nur das unter vier Gesagte — und wirklich, sagt Oudemans, sprach für vier, sowohl die Beobachtung einer Spaltöffnung, wo eine verbindende Scheidewand zwischen den Porenzellen und der Aussenwand der ringförmigen Oberhautzelle erhalten worden war, wie auch

der Umstand, dass bei andern Aneimien und Farnen alle Scheidewände erhalten bleiben, und die fertige Spaltöffnung inmitten vieler Zellen liegt.

Die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte ist bei Aneimia-Arten äusserst schwierig; alle jungen Theile sind mit Haaren dicht bedeckt, und die ersten Anfänge dieser Haare lassen sich von den ersten Anfängen der Spaltöffnungen nur schwierig unterscheiden; ausserdem füllen sich die jungen Gewebe rasch mit Chlorophyll und machen die Bilder undurchsichtig. Immerhin gelang es mir, eine vollständige Entwicklungsreihe zu gewinnen, — diese bestätigt leider die von Oudemans aufgestellten Währscheinlichkeiten nicht.

Die junge Oberhaut besteht aus polygonalen gleichmässigen Zellen; manche dieser Zellen werden zu Urmutterzellen und theilen sich in zwei ungleiche Schwesterzellen (Fig. 52, Taf. XXXVII). Die Specialmutterzelle ist wie bei Chrysodium ähnlichen Farnen gestaltet, U-förmig und berührt mit ihrer Oeffnung die Urmutterzelle. Ihre Scheidewände sind, wie die der übrigen Farnen, nach Innen zu stark geneigt, und sie nimmt, wie man auf Querschnitten sich überzeugen kann, von Anfang an die ganze Höhe der Urmutterzelle in Anspruch.

Nun wächst die Specialmutterzelle sehr bedeutend in ihrer hinteren Hälfte, noch weit bedeutender als dies bei Chrysodium der Fall gewesen, sie rundet sich ab, und die Folge ist, dass sie von ihrer Schwesterzelle immer mehr und mehr umgriffen wird und diese letztere mit ihren Rändern schliesslich vor ihrem vorderen Ende zusammenstösst. — So verlässt die Specialmutterzelle die Wand der Urmutterzelle. — An der Stelle des Zusammenstossens sollte eine doppelte Scheidewand verbleiben, und die später unter den Porenzellen befindliche Oeffnung mit dem Rande der Oberhautzelle verbinden; das Zusammenstossen der Ränder der Schwesterzellen erfolgt aber so frühzeitig, dass diese Scheidewand zunächst unmöglich gesehen werden kann, gleichzeitig aber ihre Resorption beginnt und ein continuirliches Zelllumen alsbald die Spaltöffnung umgiebt. So treffen wir auch etwas höher am Blatte (das Blatt wächst hier wie bei allen Farnen an der Spitze) Zustände, wie sie unsere Fig. 53, Taf. XXXVII vorstellt, die Specialmutterzelle hat bereits die Wand der ursprünglichen Urmutterzelle verlassen, und hat sich, wie auf Querschnitten zu ersehen, stark nach aussen gewölbt. Durch diese Wölbung nach aussen, kommt ihre untere Fläche bald höher denn die sie umgeben-

den Oberhautzellen zu liegen, und wir sehen auf Flächenansichten, zunächst schwach, dann immer stärker (Fig. 54, Taf. XXXVII), eine runde Oeffnung sich zeichnen, die den unteren Rändern der Specialmutterzelle entspricht. Diese Oeffnung wird nachträglich immer grösser und im fertigen Zustande hat sie fast die Grösse der Spaltöffnung erreicht; diese ruht dann nur noch mit ihren Rändern auf der sie umgebenden Oberhautzelle auf, und lässt sich nach der Maceration mit Kali, sehr leicht isoliren. — Bald nachdem die untere Oeffnung sich gezeichnet, erfolgt auch die Theilung, die die beiden Porenzellen erzeugt; diese vergrössern sich rasch (Fig. 55, Taf. XXXVII) und erreichen alsbald ihre normale Grösse. — Die Porenzellen liegen nun mitten in einer Oberhautzelle, deren Wände stark wellig hin und her gebogen sind, und überragen auf Querschnitten die benachbarten Oberhautzellen fast um ihre ganze Höhe (Fig. 57, Taf. XXXVIII).

Wie oben erörtert, zwingen uns theoretische Gründe zu der Annahme einer doppelten Scheidewand, die ursprünglich vorhanden, die beiden Ränder der zusammenstossenden Schwesterzellen bezeichnet, später aber resorbirt wird und meist ohne Spur verschwindet.

Diese theoretischen Gründe waren stark genug, um jede andere Möglichkeit auszuschliessen, und wurden noch wahrscheinlicher durch abnorme Fälle gemacht, wo die fragliche Scheidewand zurückgeblieben und die Porenzellen mit dem äusseren Rande der Oberhautzellen verband. Diese Erscheinung konnte immerhin eine andere denkbare Erklärung finden, und ich suchte denn eifrig nach einem Zwischengliede, welches Chrysodium mit der erwähnten Aneimia verbinden möchte. Lange waren diese Bemühungen fruchtlos, endlich aber fand ich diese Pflanze, und nun waren denn auch alle Zweifel über die Möglichkeit einer anderen Deutung geschwunden.

Die Pflanze, die ich vorhin beschrieben, war Aneimia fraxinifolia, das aufgefundene Zwischenglied: Aneimia villosa. — Ein Blick auf den fertigen Zustand genügte fast, um uns von der Richtigkeit unserer Annahme zu überzeugen.

Die Porenzellen und Oberhautzellen zeigen hier dieselbe Gestalt, dieselbe Anordnung wie bei Aneimia fraxinifolia, nur dass an der Stelle, wo die Ränder der Schwesterzelle zusammenstossen, die erwünschte Scheidewand stets erhalten bleibt (Fig. 50, Taf. XXXVII). — Sie verbindet die untere Oeffnung der Oberhautzellen mit dem äusseren Rande derselben, und liegt ausnahmslos vorne an den Porenzellen, also an der Stelle, wo das Zusammenstossen der Ränder der

Schwesterzelle erfolgt[1]). — Ausserdem kommen hin und wieder Fälle vor, wo selbst erwachsene Porenzellen noch mit ihrem vorderen Ende die Wand der Oberhautzelle berühren, und wir dann fast die nämlichen Blider wie bei Chrysodium erhalten.

In der Entwicklungsgeschichte stimmen beide Aneimien fast vollständig überein, doch verlässt bei Aneimia villosa die Specialmutterzelle später die Wand der Urmutterzelle; — das Zusammenstossen der beiden Ränder der Schwesterzelle erfolgt später (Fig. 49, Taf. XXXVII), lässt sich verfolgen, und mag denn auch erklären, warum eine Resorption der Scheidewand hier nicht mehr erfolgt.

Die fertige Spaltöffnung erscheint auf dem Querschnitte weniger als bei Aneimia fraxinifolia über der Epidermis erhaben, und ein Vergleich der Fig. 48, 51, Taf. XXXVII und Fig. 57, Taf. XXXVIII zeigt, dass auch dieser Querschnitt geeignet wäre, auf einen Uebergang von Chrysodium zu den genannten Aneimien hinzudeuten.

Doch wir kommen nun zu einer Gruppe, zu der das früher besprochene Asplenium bulbiferum gleichsam den Uebergang bildet, wo die Specialmutterzelle nicht mehr durch den ersten, wohl aber einen späteren Theilungsschritt angelegt wird.

Wir wollen auch hier wieder mit dem einfachsten der möglichen Fälle beginnen und finden diesen bei unseren Thymus-Arten.

Bei Thymus serpyllum werden die Mutterzellen ganz wie bei Asplenium bulbiferum, und zwar ohne Ausnahme, Uförmig angelegt, allein es kommt nicht mehr vor, dass die so angelegte Zelle direct die Porenzellen erzeuge; es muss ausnahmslos noch eine Theilung erfolgen. — Bei Asplenium bulbiferum konnte, wie wir wissen, die primäre Mutterzelle sich in eine neue Mutterzelle oder Specialmutterzelle theilen, und zwar in der Weise, dass die neue Zelle, an der Wand ihrer Mutterzelle, dieselbe Stelle behauptete, die einst die ursprüngliche Mutterzelle selbst an der Wand der Urmutterzelle eingenommen. Bei Thymus serpyllum findet gerade das Entgegengesetzte statt; die neue Mutterzelle, gewöhnlich Specialmutterzelle, wird zu

1) Auf anderem Wege wäre die constante Lage dieser Scheidewand nicht zu erklären. — Ausser dieser Scheidewand kommen hin und wieder, doch nur selten, eine oder mehrere andere Scheidewände vor, sie entstehen durch nachträgliche Theilung der die Porenzellen umgebenden Oberhautzelle; nie wird durch ihre Anwesenheit das Vorhandensein der vorderen Scheidewand ausgeschlossen, und können sie einen nur geringen Einfluss auf den Habitus der Aneimia-Spaltöffnung üben. — Ganz verschiedene Bilder erhalten wir dagegen, wenn die Specialmutterzelle die Wand der Urmutterzelle gar nicht verlässt und nachträgliche Theilungen sie noch mit einer grösseren Anzahl von Oberhautzellen umgeben.

hinterst in der primären Mutterzelle angelegt; sie sieht zwar der primären Mutterzelle vollkommen ähnlich, ist aber 180 Grad um ihre Axe horizontal gedreht; so dass die convexen Scheidewände der beiden Zellen sich an zwei Punkten der horizontalen Ebene schneiden müssen (Fig. 58, Taf. XXXVIII).

Wir erhalten hier in einem Worte Bilder, wie wir sie bis jetzt nur für Scheitelzellen gekannt, und als „Theilungen nach zwei Richtungen des Raumes" zu bezeichnen pflegten; — es ist wohl auffallend genug, dass wir dieselbe Theilungsart, unter ganz anderen Verhältnissen, bei gewöhnlichen Oberhautzellen wiederfinden, und wäre sie wohl richtiger als Theilung nach zwei Richtungen der Fläche hier zu bezeichnen.

Die durch den zweiten Theilungsschritt angelegte Zelle erzeugt hin und wieder ganz in derselben Weise noch eine dritte; — allein meist rundet sie sich ab, und wird bereits zur Specialmutterzelle.

Die Theilung in die beiden Porenzellen erfolgt hier (Fig. 59, Taf. XXXVIII) wie in allen bisher besprochenen Fällen in der Weise, dass die Längsaxe der Spaltöffnung die ideale Axe, um die die früheren Theilungen sich gruppirten, unter einem rechten Winkel schneidet. Je nachdem die Specialmutterzelle durch den zweiten oder den dritten Theilungsschritt angelegt worden, erhalten wir im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 60 oder Fig. 61, Taf. XXXVIII vorstellt.

Ganz denselben Vorgang, wie wir ihn bei Thymus serpyllum geschildert, treffen wir bei Perilla nankinensis, aber auch einer grossen Anzahl anderer Labiaten; einige interessante Modificationen gelang es mir bei Physostegia virginiana aufzufinden.

Was bei Thymus Ausnahme, wird hier zur Regel, und nach dem fertigen Zustande zu schliessen, müsste die grosse Zahl der Specialmutterzellen durch den dritten Theilungsschritt angelegt werden; ja wie bei Thymus ausnahmsweise den dritten, haben wir hin und wieder hier einen vierten Theilungsschritt angetroffen. Doch erfolgen diese Theilungen nicht wie bei Thymus ohne Unterbrechung. Die Specialmutterzelle der Physostegia kann zwar durch den dritten Theilungsschritt der Urmutterzelle angelegt werden, meist aber wird sie durch den zweiten Theilungsschritt angelegt (Fig. 64, Taf. XXXVIII), und die dritte Theilung erfolgt dann nachträglich, nachdem die Specialmutterzelle angelegt, ja bereits getheilt; sie erfolgt von aussen her um die Porenzellen, und zwar in derjenigen Zelle, welche dieselben von hinten umfasst. Wird die Specialmutterzelle durch den

dritten Theilungsschritt angelegt (Fig. 65 u. 66, Taf. XXXVIII), so erfolgt meist keine nachträgliche Theilung mehr, und wir wären so in beiden Fällen, wenn auch auf etwas verschiedenem Wege, schliesslich doch zu demselben Endresultate gelangt. — Beide Arten der Entwicklung hielten einander das Gleichgewicht und fand ich je nach Umständen bald den einen, bald den anderen vorherrschend. Nur in ganz seltenen Fällen und ganz ausnahmsweise, erfolgte auch in den zu zweit gedachten Fällen eine nachträgliche, also vierte Theilung; diese Theilung musste der dritten Theilung der erstgenannten Fälle entsprechen, hier aber nicht in der hinteren, wohl aber in der vorn an die Porenzellen grenzenden Zelle erfolgen. So erhielten wir im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 67 oder Fig. 68, Taf. XXXVIII darstellen.

Bei jungen Oberhäuten ist es leicht, in jedem besonderen Falle anzugeben, durch welchen Theilungsschritt die Specialmutterzelle angelegt worden, ob nachträgliche Theilungen erfolgten, oder ganz ausgeblieben waren; im fertigen Zustande haben sich diese Verhältnisse aber stark verwischt. Auffallender Weise zeigen die scheinbar durch den dritten Theilungsschritt angelegten Spaltöffnungen [1]) nach vorn die Andeutung eines Ringes, einer Hautfalte, die der vierten Scheidewand der Ausnahmefälle entspricht, wie man aber auf Längsschnitten und Flächenansichten sich leicht überzeugen kann, eben weiter nichts als eine Falte der oberen Wand der vorderen Epidermiszelle ist; vielleicht die ersten Anfänge einer Theilung, die nicht mehr zum Abschlusse gelangt.

Während bei den erwähnten Labiaten die Längsachse der Spaltöffnung die ideale Axe, um welche vorhergehende Theilungen sich gruppirten, unter einem rechten Winkel schneidet, werden wir jetzt eine Anzahl Pflanzen kennen lernen, wo beide Axen parallel zu einander laufen. — Bei manchen Euphorbiaceen, namentlich bei Mercurialis-Arten, tritt uns der genannte Fall am einfachsten entgegen.

Bei Mercurialis ambigua wird die Specialmutterzelle nach vorhergegangener Bildung einer primären Mutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt angelegt. Die Theilungen (Fig. 70, Taf. XXXVIII) erfolgen ganz wie bei Thymus serpyllum, nur die vordere Oeffnung der U-förmigen Figur dürfte hier etwas weiter, die convexe Wand

1) Sowohl in den Fällen, wo die Specialmutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden war und eine nachträgliche Theilung erfolgte,, als auch in jenen, wo sie erst bei der dritten Theilung entstand.

etwas flacher ausfallen und die so veränderte Gestalt der Mutterzellen, die Theilungsrichtung der Specialmutterzelle im Voraus bestimmen.

Diese Theilung erfolgt nun (Fig. 71, Taf. XXXVIII), wie bereits erwähnt, der Axe der interimistischen Theilungen parallel, und wir erhalten so für den fertigen Zustand sehr charakteristische Bilder (Fig. 72, Taf. XXXVIII). Der Querschnitt (Fig. 73, Taf. XXXVIII) ist eigenthümlich wegen der äusserst starken Verdickung der unteren Wand der Porenzellen.

Während Mercurialis Thymus entspricht und so den einfachsten Fall in dieser Reihe vorstellt, finden wir bei Convolvulaceen, z. B. in Phorbitis hispida (Fig. 74, Taf. XXXVIII), eine Pflanze, bei der die Specialmutterzelle durch den dritten Theilungsschritt angelegt wird, die also im Princip der Physostegia entspricht.

Aeusserst complicirte Fälle treffen wir weiter bei Chenopodiaceen, die complicirtesten bei Cacteen. — Bei Basella alba kann die Zahl der interimistischen Theilungen, die also stets nach zwei Richtungen in einer Fläche erfolgen, bis an die 6-Zahl erreichen und so die fertige Spaltöffnung von einer ganzen Anzahl sichelförmiger, gekrümmter, in einander greifender Zellen umgeben sein. — Auffallender Weise kehrt hier ein ähnliches Verhältniss wie bei Physostegia wieder, und bekommen wir es auch hier mit einer Anzahl nachträglicher, ergänzender Theilungen zu thun. Die Specialmutterzelle wird constant durch den zweiten Theilungsschritt angelegt (Fig. 75, Taf. XXXVIII); bald hat sie sich parallel der Axe der früheren Theilungen getheilt (Fig. 76, Taf. XXXVIII), und nun erst erfolgen die nachträglichen Theilungen, zuerst von der einen (äusseren) (Fig. 77, Taf. XXXVIII), dann von der anderen (inneren) Seite der Porenzellen (Fig. 78, Taf. XXXVIII).

Es ist uns bei Physostegia wohl schon aufgefallen und liesse sich hier am Orte kaum noch übersehen, dass eine scharf bestimmte Theilungsfolge selbst in den nachträglichen Theilungen eingehalten wird.

Stets umfasst bei Basella die erste ergänzende Theilung die Spaltöffnung von der äusseren, die zweite von der inneren Seite; und ganz in derselben Reihenfolge (nicht gegenseitiger Stellung) wären sie angelegt worden, wären sie ohne Unterbrechung auf einander gefolgt.

Wir erhalten so bei Basella im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 79, Taf. XXXVIII und ausnahmsweise auch Bilder, wie sie unsere Fig. 80, Taf. XXXVIII vorstellen. — Wie bereits er-

wähnt, verhalten sich die Cacteen, Opuntien ganz ähnlich wie Basella, dies mag denn auch der Grund zu der Aussage Schleiden's, Grundzüge 18. Aufl. pag. 200 gewesen sein: „Zuweilen findet man hier (unter den Porenzellen) eine Verkrüppelung, die bei den Blättern der Opuntien fast gesetzmässig wird, dass sich nämlich drei bis fünf halbmondförmige Zellen bilden, die ziemlich regellos an einander gedrängt sind.“ Hätte Schleiden die Entwicklungsgeschichte besagter Pflanzen verfolgt, er hätte leicht sich überzeugen können, dass diese scheinbare Regellosigkeit sehr wohl geregelt ist.

Mit Basella und den Cacteen haben wir denn auch die höchste Complication erschöpft, die in dieser Gruppe uns vorgekommen, und gehen nun zu einer folgenden über.

Bevor dies aber geschieht, bliebe uns eine Pflanzenabtheilung zu erwähnen, die zwar streng genommen den besprochenen Typus nicht mehr ganz rein vorstellt, immerhin aber hier am geeignetsten Orte unterzubringen wäre: ich meine die Equiseten.

Die Spaltöffnungen dieser Pflanzen sind der Gegenstand wiederholter Untersuchungen gewesen; die letzten und vollständigsten verdanken wir Duval-Jouve und finden sie in seiner „Histoire naturelle des Equisetum de France, Paris 1864“ verzeichnet; die Beschreibung fertiger Zustände auf S. 31 u. f. und auf Taf. III, IV u. V, die Entwicklungsgeschichte auf S. 63 u. f. und Taf. VIII.

Ich führe hier die Hauptmomente der Entwicklung mit Duval-Jouve's eigenen Worten an; pag. 63 heisst es:

„Au lieu des deux grands nucléus que les autres cellules montrent dans le sens de leur rayon, les cellules mères des stomates n'en présentent qu'un seul (pl. VIII, Fig. 6). Peu à peu le nucléus s'agrandit et s'efface, et à lui et à sa cellule-mère, succède une nouvelle cellule un peu ovoide, dont la pointe très obtuse d'ailleurs est dirigée vers l'intérieur. Comme cette nouvelle cellule ne suit point ses voisines dans leur développement en longeur, et qu'elle demeure toujours beaucoup plus courte, il résulte de sa forme arrondie que ses voisines la recouvrent presque en entier par l'avancement de leur angle extérieur. Alors apparaissent très rapidement aux extrémités de son diamètre horizontal deux nucléus latéraux (pl. VIII, Fig. 37). D'abord sphériques ou discoides, il prennent à mesure qu'il se développent un aspect réniforme, et les granules accumulés entre eux deux, et qu'ils refoulent vers la ligne médiane, simulent un ostiole qui n'existe pas encore (pl. VIII, Fig. 4. 8). Enfin ils aboutissent à la division de

la cellule mère en deux cellules longitudinales, contiguées seulement vers l'angle extérieur et aux extrémités de leur cloison de séparation, et un peu séparées à l'intérieur vers le milieu de la ligne de contacte, ce qui continue à simuler un ostiole. Vers le milieu de chacune d'elles se montrent deux nucléus très-inegaux situés dans un même plan horizontal, mais à des prefondeurs differentes (!?!); le plus grand est contre la paroi extérieur à l'opposé de la cloison commune; le plus petit vers la cloison intérieur (pl. VIII, Fig. 5). Leur développement aboutit à la division de chaque cellule en deux autres très-inégales superposées et séparées par une cloison en quart de sphère et dont la convexité est tournée vers le dehors. Le stomate se trouve alors constitué par quatres cellules dont deux extérieures superposées à deux intérieures qu'elles dépassent et qu'elles emboitent" .... und weiter .... „les cellules se disjoignent, et l'ostiole apparait nettement. Les deux cellules extérieurs se disjoignent peu, mais dans leur développement vers les côtés et vers la dedans elles semblent entraîner avec elles les cellules intérieures déjà non contigues vers leur centre, et entre lesquelles l'ouverture devient du double plus large, sans que pourtant, elles se séparent tout à fait à leur extrémité superieure et inferieure."

Ich sah mich genöthigt, die Duval-Jouve'schen Angaben hier fast vollständig wiederzugeben, weil ein Theil derselben entschieden unrichtig, ein anderer wieder mir völlig unverständlich geblieben, und eine blosse kritische Darstellung der Arbeit unter solchen Bedingungen kaum mehr möglich war.

Ich gehe nun zu meinen eigenen Beobachtungen über und hoffe, dass ein Vergleich meiner und Duval-Jouve's Angaben uns schon des Richtigen belehren wird.

Wie freilich folgender Passus bei Duval-Jouve aufzufassen sei: „Peu à peu ce nucléus s'agrandit et s'efface, et à lui et à sa cellule-mère, succède une nouvelle cellule un peu ovoide, dont la pointe très-obtuse d'ailleurs, est dirigée vers l'intérieur", geht auch aus diesem Vergleiche nicht hervor; doch brauche ich auf diese und ähnliche Angaben, denen jede thatsächliche Begründung zu fehlen scheint, auch weiter keine Rücksicht zu nehmen.

Die Ergebnisse meiner Beobachtungen wären nun etwa folgende:

An der Basis eines jungen Internodiums besteht die Oberhaut aus gleichmässigen, in Längsreihen angeordneten, fast viereckigen

Zellen, ganz ähnlich, wie wir sie bei den anfangs besprochenen Monocotyledonen kennen gelernt.

Bald werden Grössenunterschiede zwischen den Zellen bemerkbar, einzelne erscheinen kleiner als ihre Nachbarzellen und möchten durch Theilung aus diesen letzteren entstanden sein; die Grössenunterschiede der Zellen sind aber so gering, dass dieser Punkt in der Entwicklungsgeschichte nicht ganz zu lichten war. Wäre unsere Vermuthung richtig, so müsste bei Equisetum limosum fast jede Zelle der je zweiten Längsreihe sich theilen (Fig. 82, Taf. XXXIX).

Etwas höher am Internodium sieht man an Stelle des einen ursprünglichen Zellkernes der Mutterzelle zwei neue auftreten, und eine schwache, etwas sichelförmig gekrümmte Linie zwischen beiden, etwas seitlich von der Lagsaxe der Mutterzelle sich zeichnen (Fig. 83, Taf. XXXIX). Von der Anwesenheit dieser Linie muss man sich auch auf Querschnitten überzeugen, und sieht nun, dass sie den oberen Rand einer Scheidewand vorstellt, welche von oben nach unten schräg in der Mutterzelle laufend, dieselbe in zwei ungleiche Hälften zerlegt (Fig. 84, Taf. XXXIX). So weit meine Beobachtungen reichen, ist auf Flächenansichten die Convexität dieser Linie (wenn wir uns das Internodium in natürlicher Lage denken) unter dem Mikroskop stets nach links, also in Wirklichkeit stets nach rechts gewendet. Jetzt sehen wir von oben eine zweite solche Linie auftreten, die mit ihrer convexen Seite nach entgegengesetzter Richtung schaut, sich also mit der vorigen schneiden muss (Fig. 86 d, Taf. XXXIX); beide Linien bleiben noch äusserst schwach markirt und wir müssen wieder zu den Querschnitten unsere Zuflucht nehmen.

Hier sehen wir, dass die neue Linie der vorigen entspricht und wie vorige doch in entgegengesetzter Richtung die Mutterzelle schneidet (Fig. 85, Taf. XXXIX). Die ursprüngliche Mutterzelle hat sich bereits in drei Zellen zerlegt: in eine mittlere linsenförmige, die von oben nach unten sich stark erweitert, und zwei halbmondförmige seitliche; nur die zwei Zellkerne, die den halbmondförmigen Zellen gehören, sind von oben deutlich sichtbar. Es wird dieses wohl das Stadium gewesen sein, von dem Duval-Jouve sagt: „les granules accumulés entre eux deux (entre les deux nucléus) et qu'ils refoulent vers la ligne médiane simulent un ostiole qui n'existe pas encore."

Jetzt sieht man auf Flächenansichten eine mittlere scharfe Trennungslinie auftreten (Fig. 86 e, Taf. XXXIX); auf dem Querschnitte überzeugt man sich, dass es der obere Rand einer Scheidewand ist,

welche die mittlere Zelle in zwei gleiche Hälften halbirt (Fig. 87, Taf. XXXIX). Es wird das Moment gewesen sein, wo Duval-Jouve vier Zellkerne, zwei grosse seitliche und zwei kleinere mittlere auftreten sah (vergl. s. Abbild. Fig. 5 auf Taf. VIII).

Die weitere Entwicklung ist nur noch auf Querschnitten zu verfolgen. Duval-Jouve, der sich allein auf Flächenansichten beschränkte, konnte unmöglich hier zu einem genügenden Resultate gelangen.

Auf Querschnitten sieht man die beiden seitlichen Zellen sich convex nach aussen erheben (Fig. 88, Taf. XXXIX) und nach und nach so weit die mittleren Zellen überwachsen (Fig. 89, Taf. XXXIX), dass nur noch ein enger Kanal übrig bleibt, der nach diesen unteren Zellen führt. — Gleichzeitig beginnt von oben und unten her die Bildung der Spalte zwischen den eigentlichen Porenzellen. Auf Flächenansichten erhalten wir, diesem Zustande entsprechend, Bilder wie Fig. 90 u. 91, Taf. XXXIX, und ist es mir unbegreiflich, wie Duval-Jouve zuletzt noch sagen kann, dass die Spalte zwischen den oberen Zellen durch ein Auseinanderweichen derselben Zustände käme, während doch gerade das Entgegengesetzte stattfindet. Wir bekommen auf diese Weise den eigenthümlichen fertigen Zustand der Equiseten-Spaltöffnungen. Bei Flächenansichten sieht man nur (Fig. 92, Taf. XXXIX) die stark mit Kieselerde incrustirten Wände des oberen Zellenpaares, sowie den oberen Rand der Spalte, die nach den Porenzellen führt und mit zierlichen Perlen besetzt erscheint; bei tieferer Einstellung des Mikroskops scheinen auch die unteren Porenzellen und die eigenthümlichen radialen Verdickungsleisten durch, wie ich dies bei g in Fig. 92, Taf. XXXIX angedeutet habe. Besieht man sich zarte Flächenschnitte von unten, so erhält man Bilder wie unsere Fig. 93, Taf. XXXIX. Man sieht das kleinere mittlere Zellenpaar, die eigentlichen Porenzellen (g) inmitten der beiden grossen äusseren Zellen (f) liegen. Die leistenförmige Verdickung befindet sich, wie Duval-Jouve richtig angegeben, zwischen dem äusseren und dem inneren Zellenpaare, allein sie gehört nicht den äusseren Zellen, wie er behauptet, wohl aber den inneren an, über die sie niemals hinausgreift[1]); Duval-Jouve hätte auf Flächenansichten von unten, sich hiervon leicht überzeugen können. —

1) Aehnliche Verdickungsleisten, bis jetzt nur für Equiseten bekannt, habe ich auf der oberen Wand der Porenzellen von Stellis pulchella, einer Orchidee, aufgefunden.



Nach dieser genauen Durchmusterung der Flächenansichten werden uns die Querschnitte (Fig. 94, Taf. XXXIX) und Längsschnitte (Fig. 95, Taf. XXXIX) leicht verständlich sein, um so mehr als ich die entsprechenden Theile hier noch mit gleichen Buchstaben bezeichnet habe. Duval-Jouve's Querschnitte sind nur im Allgemeinen, nicht aber in den Einzelnheiten richtig, und hat er unter anderen die oberen und unteren Höcker der Porenzellen constant übersehen; ebenso haben seine Längsschnitte unter der Annahme gelitten, dass die leistenförmige Verdickung dem äusseren Zellenpaare angehöre, und wird es oft schwer, seine Quer- und Längsschnitte noch in Uebereinstimmung mit seinen Flächenansichten zu bringen.

Wir haben so bei Equisetum limosum einen ganz neuen, ganz eigenthümlichen Fall kennen gelernt. — Die primäre Mutterzelle scheint hier durch einen ähnlichen Theilungsschritt wie bei den Liliaceen angelegt zu werden, während die weiteren Theilungen an die vorhin besprochenen Theilungen nach zwei Richtungen der Fläche erinnern. Die erste Theilung blieb mir fraglich, die Grössenunterschiede der Zellen waren zu gering, um eine sofortige Entscheidung zuzulassen, andererseits konnten wir es hier mit gewöhnlichen Oberhautzellen zu thun haben, die von späteren Theilungen getroffen, in ihrer Längsentwicklung zurückgeblieben waren. Kurzum ich entschloss mich leicht, die Equiseten hier abzuhandeln.

Was das äussere Zellenpaar, die sogenannten oberen Porenzellen anbetrifft, so wären diese morphologisch etwa mit den, die Porenzellen seitlich umgebenden Zellen bei Basella oder den Cacteen zu vergleichen, und liesse sich dann, streng genommen, selbst hier kaum mehr von doppelten Porenzellen reden; physiologisch thätig, als wirkliche Porenzellen, ist ohnehin nur das untere Paar.

Und nun, nachdem wir auch mit diesem Anhange fertig, können wir die zweite Gruppe verlassen und uns zu einer Reihe neuer Beobachtungen wenden.

Auch hier fehlt es an Uebergängen nicht; um diese aber gehörig würdigen zu können, erscheint es mir gerathen, erst mit einem charakteristischen Falle zu beginnen.

Diesen Fall finden wir ohne alle Mühe bei sämmtlichen Crassulaceen, und wähle ich hier als Beispiel zunächst eine Sedum-Art, und zwar Sedum spurium.

Die junge Oberhaut dieser Pflanze besteht aus unregelmässigen, in Längsreihen angeordneten Zellen. Die Zellen in der je zweiten

Längsreihe[1]) beginnen sich zu theilen; zunächst scheinbar ohne alle Ordnung, zeigen alsbald einzelne eine scharf ausgesprochene Theilungsfolge. Diese Theilungsfolge ist, wie wir sehr bald sehen werden, die zweite Art der bisher nur für Scheitelzellen bekannten Theilungen, nämlich die Theilung nach drei Richtungen des Raumes. Unsere Fig. 102, Taf. XXXIX zeigt an mehreren Punkten solche beginnende Theilungen, diese sind hier meist sehr leicht zu verfolgen; in Fig. 103, Taf. XXXIX ist die Zahl derselben schon bedeutend geworden, ja sie kann in manchen Fällen noch höher steigen. Die Scheidewände folgen ohne Unterbrechung auf einander, jede zuletzt angelegte wird von der nächstfolgenden unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel getroffen, und durch jeden Theilungsschritt wird je eine Dauerzelle und je eine theilungsfähige Zelle angelegt. Die Theilungen beschreiben so eine Spirale; stets ist es die innerste Zelle, die die theilungsfähige verbleibt; der disponible mittlere Raum wird im Verhältniss immer mehr und mehr verkleinert. Nach einer nicht genau fixirten Anzahl provisorischer Theilungen (bei unserem Sedum meist zwischen 5 u. 8), durch welche Mutterzellen immer höheren Grades angelegt worden, hört auch die mittlere Zelle plötzlich auf, sich in der beschriebenen Weise weiter zu theilen, und wird zur Specialmutterzelle (Fig. 104, Taf. XXXIX). — Die nun folgende Theilung der mittleren Zelle ist meist der letzten Theilung in der Spirale parallel und erzeugt die beiden Porenzellen (Fig. 105, Taf. XXXIX). Die jungen Porenzellen vergrössern sich rasch, und da der disponible Raum zwischen den Nachbarzellen zu ihrer Entwicklung bald nicht mehr reichen will, so greifen sie über jene und verdecken sie immermehr. Gleichzeitig wachsen aber auch die Nachbarzellen unter der Spaltöffnung zusammen, und schliesslich bleibt hier nur noch eine enge Spalte übrig, die nach der Athemhöhle führt. — So kommt die fertige Spaltöffnung mitten über drei Oberhautzellen zu liegen.

Diese die Spaltöffnung unmittelbar umgebenden Oberhautzellen sind auf Längs- und Querschnitten (Fig. 110, Taf. XL) von den entfernteren sehr wohl zu unterscheiden, sie sind kleiner und zartwandiger als jene; was ihre Entwicklung und späteres Wachsthum anbetrifft, so liessen sie sich principiell sehr wohl mit dem oberen Zellenpaare der Equiseten vergleichen; und wir brauchen eigentlich nur unseren Querschnitt (Fig. 110, Taf. XL) umzukehren, um hier ein ganz ähnliches Bild wie bei Equisetum zu bekommen. — Auch

1) Es ist dies eine Eigenthümlichkeit, nur Sedum spurium eigen, die ich bei andern Sedum-Arten nicht angetroffen, auf die ich also auch kein Gewicht lege.

dieses zeigt, wie misslich es wäre von doppelten Porenzellen bei Equiseten zu sprechen, und wie es dann wirklich der individuellen Anschauung eines jeden Forschers anheimgestellt bliebe, in einem fraglichen Falle von veränderten Oberhautzellen, aber auch von doppelten und dreifachen Porenzellen zu sprechen.

Doch eins bliebe noch der Schilderung der interimistischen Theilungen bei Sedum hinzuzufügen. — Wir erinnern uns, dass durch einen jeden Theilungsschritt je eine Dauerzelle und je eine theilungsfähige Zelle angelegt wurde; diese Theilungsweise bewährte sich im Laufe der ganzen Untersuchung; doch kamen hin und wieder auch Ausnahmen vor, die ich kurz noch berühren möchte. Es ereignete sich nicht selten, dass eine Zelle aus der Spirale, die Dauerzelle bereits bleiben sollte, sich auffallender Weise nach drei Richtungen der Fläche zu theilen begann und schliesslich eine Specialmutterzelle erzeugte; ja in manchen Fällen konnte sich dieser Vorgang in mehreren Zellen einer und derselben Spirale wiederholen und die Veranlassung zu ganz eigenthümlichen Gruppirungen fertiger Spaltöffnungen werden. — In Fig. 108, Taf. XL habe ich einen der erwähnten Fälle, freilich nur einen sehr einfachen, verzeichnet; meine Fig. 107 u. 109, Taf. XL bringen dagegen die gewöhnliche Anordnungsweise, und zwar mit nur geringer (Fig. 107, Taf. XL), aber auch mit der grössten Zahl der Theilungen (Fig. 109, Taf. XL), die ich beobachtet habe.

Sämmtliche Crassulaceen stimmen, was die hohe Zahl der Theilungen anbetrifft, mit einander überein, und die Sedum-Arten können sehr wohl zur Charakteristik der ganzen Gruppe dienen. An die Crassulaceen schliessen sich unmittelbar die Begoniaceen [1]), an diese wieder die Plumbagineen an. In diese Gruppe gehören auch sämmtliche Cruciferen, bei denen aber die Zahl der Theilungen schon bedeutend abnimmt und selten mehr denn die Dreizahl erreicht [2]). Weiter folgen dann die Violariceen, Asperifolien und Solaneen (Fig. 100 u. 101, Taf. XXXIX); diese Anordnungsweise ist überhaupt so sehr verbreitet, dass es sonderbar erscheint, wie sie bisher so ganz übersehen werden konnte. An die Solaneen schliessen sich endlich die ganzen Papilionaceen an; hier besonders, theilweise aber auch schon

1) Bei Begoniaceen und anderen Familien können die Spaltöffnungen oft haufenweise auftreten — doch habe ich auf diese Verhältnisse, die entferntere Gründe haben, hier weiter keine Rücksicht genommen.

2) Nur ausnahmsweise bei einzelnen Cruciferen, so z. B. bei Lepidium sativum wird eine so hohe Zahl von Theilungen wie bei Crassulaceen erreicht.

bei Solaneen treffen wir die gewünschten Uebergänge, die diese Gruppe mit der vorhergehenden verbinden. Die Theilung nach den drei Richtungen der Fläche ist bei Papilionaceen nur schwach ausgesprochen, und eine und dieselbe Pflanze bietet meist eine ganze Anzahl eigenthümlicher Fälle und Combinationen, die auf den ersten Blick wohl geeignet wären, uns zu irrthümlichen Schlüssen zu verleiten.

Wie erwähnt, boten uns fast sämmtliche Papilionaceen die nämlichen Verhältnisse der Entwicklung dar, und konnte ich mich auch hier wiederum auf ein einziges Beispiel beschränken; ich wählte als solches Scorpiurus vermiculata [1]).

Schon die Betrachtung fertiger Zustände von Scorpiurus vermiculata — ein Vergleich unserer Fig. 97 u. 98 — lehrt uns, dass hier graduelle Verschiedenheiten in der Entwicklungsgeschichte vorhanden sein müssen und auf die spätere Anordnung der Spaltöffnungen einen Einfluss üben.

Dies beweist denn auch schliesslich unsere Fig. 96, die so gewählt wurde, dass die in ihr verzeichneten jungen Zustände dem fertigen Zustande der Fig. 97 möglichst entsprechen.

Wir sehen bei b Fig. 96 die Specialmutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt bereits entstehen, so dass die Spirale nicht einmal durch drei Theilungen abgeschlossen wurde, ausserdem die aufeinanderfolgenden Scheidewände unter weit spitzerem Winkel auf einander treffen, als dies bei den typischen Sedum-Arten der Fall gewesen.

Wir brauchen uns nur die beiden etwas convexen Scheidewände so weit verlängert zu denken, bis sie sich ein zweites Mal schneiden, um die Theilungsrichtung der vorigen Gruppe zu bekommen; und die mit a bezeichneten Fälle beider Figuren haben sich einer solchen Anforderung schon bedeutend genähert, während wir andererseits Fälle wie Fig. 98 finden, wo die Theilungsfolge nach drei Richtungen der Fläche scharf ausgesprochen ist.

Kurzum selbst zwischen scheinbar so differenten Gruppen fehlt es an Uebergängen nicht; denn anders, glaube ich, liesse sich diese Anordnung hier kaum deuten.

Mit der vorhin besprochenen complicirten Theilungsfolge nach drei Richtungen der Fläche scheint denn wohl überhaupt die höchst potenzirte Theilungsfähigkeit unserer Zellen erschöpft zu werden;

---

1) Auch Rumex-Arten verhalten sich ganz wie Scorpiurus.

vergebens habe ich Theilungen nach vier Richtungen der Fläche gesucht, alle meine Bemühungen blieben fruchtlos, und die zweifelhaften Fälle liessen sich mit Hülfe der Entwicklungsgeschichte stets auf andere Verhältnisse zurückführen. — So zeigte es sich, dass mit dieser Theilung nach drei Richtungen der Fläche eine Grenze erreicht war, die weder von Scheitelzellen, noch von unseren Oberhautzellen überschritten werden dürfte, und dass hier überhaupt die progressive Theilungsfähigkeit der Zelle erlischt.

So complicirt auch alle die Theilungen gewesen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen mussten, stets hat sich in allen den besprochenen Gruppen je eine ursprüngliche Oberhautzelle nur an ihnen betheiligt. Ganz anders wird das Verhältniss in den Fällen, die uns jetzt noch zu betrachten bleiben.

Die Spaltöffnung oder richtiger der Spaltöffnungsapparat verdankt nicht mehr der Urmutterzelle allein seine Entstehung, wohl aber dieser Urmutterzelle und einer wechselnden Anzahl Oberhautzellen, die sie unmittelbar umgeben.

Ich beginne mit einem sehr einfachen Falle, den ich einer Aloe-Art entnehme, und will sogleich auf diesem ersten Beispiele den Zusammenhang dieser Gruppe mit unserer ersten zeigen; das Beispiel wäre Aloe soccotrina. Die Entstehung der Specialmutterzelle bedarf keiner Schilderung, sie wird ganz wie bei unseren einheimischen Orchideen angelegt (Fig. 111, Taf. XL), wächst wie bei diesen Orchideen mehr in ihrer vorderen Hälfte und kommt schliesslich mitten zwischen vier Oberhautzellen zu liegen. Jetzt sieht man in den beiden rechts und links an die Specialmutterzelle grenzenden Oberhautzellen je eine Theilung erfolgen (Fig. 112, Taf XL) und so die Specialmutterzelle alsbald von zwei charakteristischen seitlichen Zellen umgeben.

Die weitere Entwicklung der Specialmutterzelle ist der Entwicklung bei Iris pumila sehr ähnlich, und führt auch hier schliesslich zur Bildung eines Trichters. — Die Porenzellen sind auf dem Querschnitte so eigenthümlich gestaltet, dass ich mich veranlasst fühlte, hier sowohl einen Querschnitt von Aloe soccotrina (Fig. 114, Taf. XL), als auch von Aloe nigricans (Fig. 115, Taf. XL) zu geben; diese wären übrigens auch mit früheren entsprechenden Zeichnungen von v. Mohl, von Schleiden und von Schacht zu vergleichen[1]).

1) Der Wahrheit am nächsten stehen die Schacht'schen Zeichnungen, doch selbst bei diesen (vergl. Abb. auf Taf. III, Fig. 23. Bd. I d. Anat. und Phys.) sind die unteren Höcker der Porenzellen übersehen worden.



Mit dieser Theilung der seitlichen Oberhautzellen, die im Laufe der Beobachtung noch weit ausgeprägter werden soll, tritt uns in der Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen ein neues Moment entgegen; zwar haben wir etwas ähnliches bereits bei Physostegia und Basella kennen gelernt, und erinnern uns, dass, nachdem die Specialmutterzellen dort schon angelegt waren, nachträgliche Theilungen noch um diese erfolgten, allein diese Theilungen trafen nur Mutterzellen, also nur das Theilungsproduct einer einzigen ursprünglichen Urmutterzelle, und nicht wie hier der Urmutterzelle ganz fremde Oberhautzellen.

Zu erinnern bliebe noch, dass sowohl Karsten als auch Oudemans ihre Beobachtungen über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen an Aloe-Arten gemacht; da ich beider Angaben aber schon in der Einleitung erörtert, so wäre es unnütz, hier wiederholt darauf einzugehen.

An unsere Aloe würden sich vor allem die tropischen Orchideen, doch auch eine ganze Anzahl anderer, höchst verschiedener Pflanzen anreihen. — Wie unmerklich der Uebergang von der ersten Gruppe aus zu dieser stattfindet, davon kann man sich an den genannten Pflanzen sehr leicht überzeugen, und es sind mir im Laufe der Beobachtung sogar Pflanzen vorgekommen, bei denen die seitlichen Theilungen sowohl erfolgen, als auch hin und wieder ausbleiben konnten, ohne einen merklichen Einfluss auf die Entwicklung der Spaltöffnung selbst zu üben.

Sehr scharf, weit schärfer als bei Aloe und den vorhin genannten Pflanzen, treten uns die beiden seitlichen Theilungen bei Claytonia perfoliata (Fig. 118, Taf. XL) (einer Portulacacee) entgegen. Die Entwicklungsgeschichte blieb dabei die nämliche; die Specialmutterzelle wird wie bei Orchis angelegt, bald theilte sie sich in zwei Porenzellen und erst jetzt sah man auch in den beiden seitlichen Oberhautzellen die Theilung erfolgen. Die Beobachtung ist hier weit günstiger als bei den Aloe-Arten, und die Entwicklung lässt sich in allen ihren Einzelheiten verfolgen. — Man sieht zunächst die Zellkerne der beiden seitlichen Oberhautzellen sich an die Specialmutterzelle anlegen (Fig. 116, Taf. XL); man sieht sie langsam sich theilen und kann alsbald das Auftreten der neuen Scheidewand beobachten (Fig. 117, Taf. XL). In seltenen Fällen wiederholt sich die Theilung ein zweites Mal zu innerst der vorigen Theilung, und giebt dann im fertigen Zustande Bilder wie Fig. 119, Taf. XL. Stets bleiben diese seitlichen Zellen bei Claytonia klein und zartwandig, bei weitem

kleiner und zartwandiger, als die entfernteren Oberhautzellen, und fallen bei Querschnitten so sehr in die Augen, dass ich mir nicht versagen konnte, sie mit einigen Worten hier noch zu berühren.

Wir wissen aus v. Mohl's ausgezeichneten Beobachtungen[1]), dass ein gewisser Antagonismus zwischen Porenzellen und benachbarten Oberhautzellen herrscht, und dass äussere Einflüsse, wie Licht und Feuchtigkeit, geeignet sind, bald den einen, bald den anderen das Obergewicht zu verschaffen. — v. Mohl hat Spaltöffnungen von dem Einflusse benachbarter Oberhautzellen zu befreien gesucht, und gezeigt, dass sie dann gegen Wasser zuführende und Wasser entziehende Mittel verschieden denn vorher reagiren. — Nun haben wir bereits eine Anzahl der complicirtesten Theilungen kennen gelernt, die der Bildung der Porenzellen vorausgehen oder sie begleiten, und könnten auch fragen, welchen Nutzen alle diese Theilungen unseren Pflanzen bringen können? — Wir haben gesehen, dass gewisse Oberhautzellen nach 2 Richtungen, andere nach 3 Richtungen der Fläche sich theilen, eine ganze Anzahl Oberhautzellen an der Bildung des Spaltöffnungsapparates sich betheiligen kann, das Endresultat aber stets das nämliche verbleibt, und wir möchten aus allem dem schliessen, dass alle die complicirten Theilungen nur deshalb erfolgen, um die Porenzellen mit dünnwandigen Oberhautzellen zu umgeben, und für eine gegebene Pflanze so den möglichst günstigen Gleichgewichtszustand zwischen den Porenzellen und den Oberhautzellen herzustellen. — Warum so verschiedene Wege hier eingeschlagen werden, um schliesslich doch zu demselben Endresultate zu gelangen, das liesse sich nach dem heutigen Zustande unseres Wissens wohl schwierig nur bis in das Einzelne verfolgen; immerhin würde unsere Beobachtungsreihe für eine grosse Selbstständigkeit in der Entwicklung besagten Organes zeugen und zugleich ein neues, lehrreiches Beispiel von Anpassung an die umgebenden Verhältnisse uns bringen.

Doch nicht die Porenzellen aller Pflanzen sind von veränderten Oberhautzellen umgeben, und ich brauche hier nur an die Spaltöffnungen in unserer ersten Gruppe zu erinnern. — Diesem Uebel wird wohl hin und wieder durch ein Erheben der Porenzellen über das Niveau der benachbarten Oberhautzellen (Fig. 57, Taf. XXXVIII) oder auch durch Einsenken derselben in die Oberhaut (Fig. 10, Taf. XXXV; Fig. 114, 115, Taf. XL) abgeholfen. — Im ersten Falle wird der Einfluss der Oberhautzellen direct vermindert, im zweiten indirect, in-

1) H. v. Mohl, Bot. Zeitg. 1856, pag. 697: Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltöffnungen?

dem die Porenzellen nun zwischen schwächer verdickten, also elastischeren Theilen der Oberhautzellen zu liegen kommen. Kurzum auch hier treffen wir wieder die mannigfaltigsten Einrichtungen, die ich aber in einzelne nicht weiter verfolgen kann; ich verweise auf meine Querschnitte und begnüge mich hier auf einige besondere Fälle hingewiesen zu haben.

Auch hätte ich am Schlusse dieser Betrachtung Eins noch hervorzuheben: Es ist bisher gleichgültig von Spaltöffnung oder auch von Spaltöffnungsapparat gesprochen worden, ohne mit dem einen oder dem anderen dieser Ausdrücke einen besonderen Begriff zu verbinden. Auf das im Laufe der Beobachtung Gesagte mich stützend, möchte ich vorschlagen, unter Spaltöffnung einfach nur die beiden Porenzellen, unter Spaltöffnungsapparat dagegen die Spaltöffnung sammt den ihr zugehörigen Oberhautzellen zu verstehen [1]). Diese veränderten Oberhautzellen glaube ich schliesslich Hülfsporenzellen nennen zu dürfen, und möchte die bisher gebrauchten Ausdrücke, wie „doppelte und dreifache Porenzellen“ künftighin ganz vermieden sehen. — Doch ich kehre zu der verlassenen Beobachtungsreihe zurück.

An Claytonia schliessen sich zunächst die Musaceen, weiter die Gramineen, Juncaceen, Cyperaceen, Alismaceen, Marantaceen, Proteaceen noch an. — Am besten werden alle die Familien durch die Marantaceen, z. B. durch Maranta bicolor charakterisirt.

Die Specialmutterzellen der Maranta bicolor werden ebenfalls wie bei Orchis angelegt (Fig. 121, Taf. XL); diese Art der Entwicklung scheint also die ganze Gruppe zu charakterisiren. Darauf folgen, wie bei Claytonia, seitliche Theilungen (Fig. 121, Taf. XL), und nachdem die Specialmutterzelle sich vergrössert und sich getheilt (Fig. 122, Taf. XL), noch zwei andere seitliche, zu innerst der vorhin angelegten (Fig. 123, Taf. XL). Wir erhalten so fertige Zustände wie sie Fig. 124 u. 125, Taf. XL vorstellen, wo die Verbindung der beiden letzten Hülfsporenzellen mit den Porenzellen eine sehr innige ist und der Querschnitt des ganzen Apparates dann Bilder wie Fig. 126 uns giebt. Wie erwähnt gehören hierher auch die Proteaceen; die Entwicklungsgeschichte ihrer Spaltöffnungen ist äusserst schwierig, doch lässt sich schon aus dem fertigen Zustande auf ihre Stellung hier schliessen. Freilich muss man dabei nicht mit so verwickelten Fällen wie bei Hakea-Arten, wohl aber mit den einfachsten, so z. B.

1) Die Zugehörigkeit gewisser Oberhautzellen zur Spaltöffnung würde in zweifelhaften Fällen, mit Hülfe der Entwicklungsgeschichte, stets zu entscheiden sein.

mit Grevillea robusta beginnen. Sowohl Flächenansichten (Fig. 127, Taf. XLI) als auch Querschnitte (Fig. 128, Taf. XLI) zeigen, wie gross hier noch die Uebereinstimmung mit Maranta ist. — Von Vergleich zu Vergleich kommen wir so langsam bis zu den Hakea-Arten; besonders lehrreich werden bei Hakea die Ansichten von unten (Fig. 130, Taf. XLI), sowie auch die Querschnitte (Fig. 131, Taf. XLI), während die Ansicht von oben (Fig. 129, Taf. XLI) sehr wenig bietet. — Bekanntlich sind die Spaltöffnungen der Proteaceen der Gegenstand einer besonderen Abhandlung von v. Mohl gewesen[1]). v. Mohl hat sich auf die Beobachtung fertiger Zustände beschränkt[2]); die Arbeit ist schon etwas veraltet, und mag es daher nur kommen, dass manche der v. Mohl'schen Querschnitte nicht mehr ganz mit den meinigen in Uebereinstimmung zu bringen waren, um so mehr, als wir in neuerer Zeit ja gerade v. Mohl (Bot. Zeit. 1856[3])) die besten und genausten Zeichnungen über Spaltöffnungen verdanken. — Nicht gar so schlechte Querschnitte der Hakea-Arten finden sich auch bei Schleiden (Grundz. IV. Aufl. S. 199 Fig. 84); dann weniger richtig auch bei Schacht (Anat. u. Phys. Bd. I Taf. IV Fig. 8). Gleichzeitig gehören die Hakea-Arten zu denjenigen Pflanzen, die besonders oft als Beispiel für doppelte und dreifache Porenzellen angeführt worden sind.

An Hakea reihen sich auch die Banksien an; aus dem Grunde ist auch die Zeichnung Schleiden's (Grundz. IV. Aufl. S. 199 F. 82) nicht ganz richtig.

Weiter wäre jetzt einer Aroideae, Pothos crassinervia zu erwähnen. — Es kommen bei dieser Pflanze nur die beiden seitlichen (Fig. 133, Taf. XLI), aber auch nicht selten eine vordere und hintere Theilung vor (Fig. 132 b, Taf. XLI), und bildet unsere Pflanze gleichsam den Uebergang zu einer neuen Reihe, wo constant alle vier die Spaltöffnungen umgebenden Zellen sich zu theilen pflegen. Eigenthümlich ist der Querschnitt von Pothos crassinervia mit den sonderbar gestalteten oberen Höckern seiner Porenzellen.

Das Beispiel einer Pflanze, wo die Theilung constant in allen

---

1) Hugo v. Mohl, Ueber die Spaltöffnungen bei den Proteaceen. Verm. Schrift. pag. 245.

2) Die sonderbare Lage der Porenzellen bei Hakea-Arten mag Hugo v. Mohl zu der Annahme verleitet haben, dass die Spaltöffnungen ursprünglich dem unter der Oberhaut liegenden Parenchym angehören.

3) Hugo v. Mohl, Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltöffnungen?

vieren, die Specialmutterzelle umgebenden Zellen erfolgen, fanden wir unter anderen bei Ficus elastica (Fig. 135, Taf. XLI). — Die Entwicklungsgeschichte lässt sich hier wieder sehr leicht verfolgen, ungeachtet die Oberhautzellen verhältnissmässig klein verbleiben. In den späteren Zuständen stimmt Ficus mit Iris und Agave überein (Fig. 136, Taf. XLI), und es wird ein tiefer Trichter gebildet, der nach den Porenzellen führt. — So sieht man bei Flächenansichten von oben nur runde Oeffnungen in der Oberhaut, und die Porenzellen werden bei Flächenansichten von unten erst sichtbar (Fig. 137 b, Taf. XLI). Sehr lehrreich ist der Querschnitt (Fig. 138, Taf. XLI); wir begegnen hier einem Falle, wo nicht nur die Cuticula, sondern die ganzen Cuticularschichten der Oberhaut sich über die Porenzellen hin bis in die Athemhöhle erstrecken; die Porenzellen haben hier ganz ebenso mächtige Cuticularschichten wie die umgebenden Oberhautzellen gebildet, sind ausserdem so stark verdickt, dass in ihrem Innern kaum noch ein enges Lumen verbleibt. — Eine Flächenansicht und Querschnitt von Ficus elastica finden wir bereits bei Unger (Anat. u. Phys. d. Pfl. 1855 auf S. 190, Fig. 70 A u. B), allein beide so wenig maassgebend, dass sich Unger auf seinen Querschnitt berufen konnte, um die Existenz über einander liegender doppelter Porenzellen zu bezeugen. Dagegen habe ich in Müller's Archiv vom Jahre 1839 auf S. 253 eine längst vergessene Arbeit von Mayen (Beiträge zur Bildungsgeschichte verschiedener Pflanzentheile) aufgefunden, und in dieser eine verhältnissmässig sehr gute Entwicklungsgeschichte der Ficus-Spaltöffnungen angetroffen. — Mayen's Querschnitte auf Taf. XI, Fig. 1 sind bei weitem richtiger als der Unger'sche (er hat nur die über die Porenzellen sich fortsetzenden Cuticularschichten übersehen); seine Zeichnungen zur Entwicklungsgeschichte stimmen mit den meinigen fast völlig überein. Freilich hat auch Mayen nicht gesehen, dass die Specialmutterzellen durch Theilung aus den Oberhautzellen entstehen, er hat die Theilungen um die Specialmutterzelle nicht weiter berücksichtigt, wohl aber die jungen Specialmutterzellen, trotz ihrer späteren Einsenkung, zunächst ganz richtig in einer Ebene mit den gewöhnlichen Oberhautzellen abgebildet und ihre allmähliche Einsenkung beschrieben.

An Ficus elastica schliessen sich die Coniferen an; die Entwicklungsgeschichte habe ich an Salisburia adianthifolia verfolgen können. Die Specialmutterzellen werden wie bei Orchis, oder doch ähnlich (Fig. 134, Taf. XLI) angelegt, durch nachträgliche Theilung der Oberhautzellen in unbestimmten Richtungen wird aber die ursprüngliche

Anordnung alsbald verwischt, und die Specialmutterzellen nun von einer wechselnden Anzahl Oberhautzellen umgeben (Fig. 140, Taf. XLI); in diesen nächsten Zellen erfolgen nun, scheinbar ohne gesetzmässige Reihenfolge, die charakteristischen Theilungen, die die bereits getheilte Specielmutterzelle von einem Kranze charakteristischer Zellen umgeben, wie aus dem fertigen Zustande leicht zu ersehen ist (Fig. 141, Taf. XLI).

Das nämliche gilt auch für andere Coniferen; sehr schön z. B. bei Damara orientalis, auch bei Araucaria imbricata (Fig. 144, Taf. XLII) zu verfolgen. — Die um die Specialmutterzelle angelegten Zellen können mit den übrigen Oberhautzellen gleichen Schritt in der Entwicklung einhalten, so bei Salisburia (Fig. 142, Taf. XLI), oder aber, wie dies meist geschieht, sie stehen im Wachsthume den benachbarten Oberhautzellen nach und betheiligen sich an der Einsenkung der Porenzellen, so bei Araucaria imbricata und bei der Mehrzahl der von Hildebrand[1]) (Bot. Zeit. 1860 auf Taf. IV) gezeichneten Querschnitte[2]).

An die Coniferen reihen sich die Cycadeen an, zwar fehlt es mir hier an einer vollständigen Entwicklungsgeschichte, doch lässt sich schon aus dem fertigen Zustande mit aller Wahrscheinlichkeit auf eine den Coniferen sehr ähnliche Entwicklungsgeschichte schliessen. Ich habe mich in meinen Abbildungen auf einen Querschnitt von Cycas revoluta (Fig. 143, Taf. XLI) beschränkt, und kann, was die Flächenansichten anbetrifft, auf eine kürzlich erschienene Arbeit von Kraus (in den Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV. verweisen)[3]).

Die Querschnitte bei Kraus sind kaum richtig zu nennen; in der Abbildung auf Taf. XIX, Fig. 5 z. B. giebt er einen Querschnitt von Cycas revoluta, der weder durch die Mitte, noch genau senkrecht zur Blattfläche geführt worden war[4]), was doch billiger Weise von einem Querschnitte verlangt werden sollte.

Und jetzt bliebe mir nur noch zweier Commelinaceen zu erwäh-

1) Hildebrand, Der Bau der Coniferen-Spaltöffnungen und einige Bemerkungen über die Vertheilung derselben. Hierzu Taf. IV Bot. Zeit. 1860, Nr. 17 pag. 149.

2) Hildebrand hat sich auf eine vergleichende Darstellung fertiger Zustände der Coniferen-Spaltöffnung beschränkt, ohne eine Entwicklungsgeschichte derselben zu versuchen; seine Zeichnungen sind nur im Allgemeinen, nicht aber in allen Einzelnheiten richtig, wie z. B. ein Vergleich seines Querschnittes von Araucaria imbricata Taf. 18 Fig. 1 mit dem meinigen Fig. 145 schon lehrt.

3) Auf die Fig. 14, Taf. XX; und namentlich auf die Fig. 18, Taf. XXI; Fig. 25 und 26, Taf. XXII und Fig. 29, Taf. XXIII.

4) Dasselbe gilt von den Fig. 20 auf Taf. XXI, 23 u. 27 auf Taf. XXII.

nen, bei denen ich die höchste Complication, die diese Gruppe überhaupt zu bieten scheint, angetroffen habe. Das Lagerungsverhältniss der Porenzellen zwischen den sie umgebenden Hülfsporenzellen wird hier so auffallend, dass es unmöglich bisher ganz übersehen werden konnte. So finden wir denn Abbildungen von Tradescantia discolor schon bei Krocker jun. (de plantarum epidermide, Fig. 11, 12 u. 13); dann bei Mayen (Neues Syst. d. Pfl.-Phys. Fig. 12, 13 u. 14); und eine freilich mangelhafte Abbildung bei Schleiden (Grundz. IV auf S. 199 Fig. 85 u. 86); ja selbst eine Entwicklungsgeschichte von Tradescantia virginica bei Garreau[1]) in den Ann. d. sc. nat.

Tradescantia zebrina, die ich beobachtet habe, verhält sich, was die Zahl der Theilungen anbetrifft, ganz wie Ficus elastica; nur dass die Theilungen weit schärfer, weit ausgeprägter hier auftreten; Tradescantia sich also zu Ficus ähnlich wie Claytonia zu Aloe verhält und so recht wieder die Reihe charakterisirt. Es erfolgen um die Specialmutterzelle zunächst die beiden seitlichen Theilungen (Fig. 146, Taf. XLII), dann gleichzeitig die vordere und die hintere (Fig. 147, Taf. XLII); der ganze Apparat streckt sich ein wenig und wir erhalten Bilder wie sie Fig. 148, Taf. XLII darstellt. Der Vorgang der Theilung lässt sich hier eben so leicht wie bei Claytonia verfolgen; auch der Querschnitt Fig. 150, Taf. XLII ist Claytonia sehr ähnlich und verdient ebenfalls hervorgehoben zu werden.

Der Verlauf der Entwicklung, wie wir ihn hier angegeben, ist im Wesentlichen bereits richtig von Garreau geschildert worden. Die Entstehung der Specialmutterzellen, durch Theilung aus den Oberhautzellen, hat Garreau zwar nicht gesehen, wohl aber die Theilungen um die Specialmutterzelle richtig beschrieben; der Werth der Angaben wurde auch durch eine Anzahl meist richtiger Zeichnungen erhöht[2]), während dieselben Angaben andererseits unter den eigenthümlichen Ansichten, die der Verfasser über Zelltheilung entwickelt, gelitten haben (so z. B. Fig. 6 l. c.).

Die Arbeit macht überhaupt den Eindruck, als sei es Herrn Garreau mehr um ein Beispiel für seine Zellbildungstheorie, als um die Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen zu thun gewe-

---

1) Mémoire sur la formation des stomates, dans l'épiderme des feuilles de l'éphemère des jardins et sur l'évolution des cellules qui les avoisinent par M. le Dr. Garreau Ann. d. sc. nat. IV. Ser. 1854, p. 213 Tab. 15.

2) Querschnitte sind unter den Zeichnungen Garreau's nicht zu finden, was damit zusammenhängen mag, dass der Querschnitt hier äussert schwierig und es einer Injection des Blattes mit Leim bedarf, um ihn überhaupt gut zu bekommen.

sen, und mag denn auch erklären, warum diese seine Beobachtung so vereinzelt geblieben.

An Tradescantia zebrina schliesst sich als letztes Beispiel Commelina communis an; hier wird die Complication am höchsten, und erfolgen um die Specialmutterzelle (Fig. 151, Taf. XLII) sowohl zwei seitliche (Fig. 152, Taf. XLII), wie auch eine vordere und eine hintere (Fig. 153, Taf. XLII) und schliesslich noch zwei seitliche Theilungen (Fig. 154, Taf. XLII). Diese beiden letzten seitlichen Theilungen werden, wie in allen früheren ähnlichen Fällen, zu innerst der schon vorhandenen seitlichen angelegt, so dass wir im fertigen Zustande das complicirte Bild Fig. 155, Taf. XLII erhalten [1]).

So wäre ich denn zum Schlusse der ganzen Beobachtungsreihe gelangt; höhere Complicationen als die erwähnten sind mir nicht vorgekommen, und die grosse Zahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien, die ich auf ihre Entwicklungsgeschichte untersuchte, haben sich bisher immer an den einen oder den anderen der beschriebenen Fälle anreihen lassen. Bemerkt sei noch, dass ich mich bisher nicht entschliessen konnte, die Marchantiaceen in den Kreis meiner Untersuchungen mit aufzunehmen; das Organ der Marchantiaceen mag den Spaltöffnungen physiologisch ähnlich, es mag ihnen analog sein, als morphologisch gleichwerthig, als homolog werde ich es erst dann bezeichnen, wenn mir verknüpfende Mittelformen zwischen beiden werden vorgekommen sein.

Und nun will ich es versuchen, die Resultate meiner Arbeit übersichtlich zusammenzufassen.

Das allgemeinste Ergebniss wäre:

Die Spaltöffnungen gehören der Oberhaut, sie sind ein Theilungsproduckt gewöhnlicher Oberhautzellen.

Der Vorgang der Theilung bot folgende Eigenthümlichkeiten:

I. Die Spaltöffnung verdankt einer einzigen ursprünglichen Oberhautzelle ihre Entstehung. Iris — Silene — Mercurialis — Sedum.
   1. Die Specialmutterzelle wird durch den ersten und einzigen Theilungsschritt angelegt.
      A. Sie nimmt die ganze Breite der Urmutterzelle in Anspruch (gewöhnliche Zelltheilung): Iris pumila, Hyacinthus orientalis, Orchis latifolia, Sambucus nigra, Ruta

1) Commelina ganz ähnlich verhält sich Pothos argyraea, während Pothos crassinervia bereits an einem andern Orte ausführlich behandelt wurde; die Glieder dieser Gruppe hängen überhaupt sehr innig an einander.



graveolens, Salvinia natans, Selaginella denticulata, Asplenium furcatum.

B. Sie berührt nur die eine Wand ihrer Mutterzelle (eigenthümliche Zelltheilung).

a. Sie wächst mehr in ihrer hinteren Hälfte.

α. Sie verbleibt an der Wand der Urmutterzelle: Silene inflata, Chrysodium vulgare.

β. Sie verlässt die Wand der Urmutterzelle: Aneimia villosa, fraxinifolia.

b. Sie wächst mehr in ihrer vorderen Hälfte: Asplenium bulbiferum.

2. Mehrere interimistische Theilungen (Mutterzellen verschiedenen Grades) gehen der Bildung der Specialmutterzelle voran.

A. Diese Theilungen erfolgen nach zwei Richtungen der Fläche.

a. Die Längsaxe der Spaltöffnung schneidet die ideale Axe, um welche die früheren Theilungen sich gruppirten, unter rechtem Winkel.

α. Es folgen keine weiteren Theilungen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Thymus serpyllum.

β. Eine oder mehrere Theilungen folgen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Physostegia virginiana.

b. Die Längsaxe der Spaltöffnung ist der ideellen Axe der früheren Theilungen parallel.

α. Es folgen keine weiteren Theilungen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Mercurialis perennis, ambigua, Phorbitis hispida. — Als Anhang Equiseten.

β. Eine oder mehrere Theilungen folgen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Basella alba, Pereskia aculeata.

B. Diese Theilungen erfolgen nach drei Richtungen der Fläche.

a. Die Zahl der Theilungen nur gering: Papilionaceen, Solaneen, Asperifolien, Cruciferen (die Mehrzahl).

b. Mit hoher Zahl der Theilungen: Crassulaceen, Begoniaceen.

II. Mehrere Oberhautzellen betheiligen sich an der Bildung des Spaltöffnungsapparates: Aloe, Pothos, Coniferen, Tradescantia, Commelina.

1. Die Theilungen treffen nur die beiden seitlich der Special-

mutterzelle gelegenen Zellen: Stanhopea tigrina, Aloe soccotrina, nigricans, Claytonia perfoliata, Musa sapientum, Luzula maxima, Carex Pseudo-Cyperus, Gramineen, Maranta bicolor, Grevillea robusta, Hakea ceratophylla.

2. Die Theilungen treffen sämmtliche die Specialmutterzelle umgebenden Zellen: Pothos crassinervia, Ficus elastica, Salisburia adianthifolia, Araucaria imbricata, Cycas revoluta, Tradescantia zebrina, Commelina communis.

Wie gesagt hat obige schematische Darstellung den Zweck, eine Uebersicht des Ganzen zu erleichtern, deshalb konnte auch auf die Uebergänge keine Rücksicht mehr genommen werden, und muss ich, was diese anbetrifft, auf den Text verweisen.

In Hinweis auf die grosse Zahl von Pflanzen, die ich untersucht habe, möchte ich mich schliesslich der Hoffnung hingeben, dass weitere Untersuchungen in die gegebenen Rahmen sich fügen; jedenfalls zu ihrer Erweiterung, nicht aber zu ihrer wesentlichen Aenderung beitragen werden.

Warschau, im Juni 1866.

Nachtrag.

Meine Arbeit war bereits druckfertig und abgesandt, meine Tafeln in Arbeit, als in der Bot. Zeit. vom 10. August 1866, Nr. 32 ein Aufsatz von F. Hildebrand erschien, bet.: „Ueber die Entwickelung der Farnkraut-Spaltöffnungen".

Dieser Aufsatz konnte aus nahe liegenden Gründen nicht mehr im Texte berücksichtiget werden, — und doch weichen meine und Hildebrand's Angaben in manchen Punkten auseinander.

Da mir keine neueren Beobachtungen zu Gebote stehen, so kann ich auch jetzt nur auf das im Text Gesagte verweisen. Nur die Aneimia-Spaltöffnungen hatte ich Gelegenheit nochmals einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Diese Prüfung hat meine früheren Angaben in allen Punkten bestätigt, und muss ich nur bedauern, meinen Tafeln nicht einige Querschnitte junger Entwicklungszustände von Aneimia-Spaltöffnungen beigegeben zu haben, die das im Text Gesagte noch bekräftigt hätten.

Auf die Differenzen gehe ich hier nicht ein, der aufmerksame Leser, dem der Aufsatz von Hildebrand bekannt, wird sie leicht herauszufinden wissen. Anzuerkennen bleibt, dass Hildebrand der erste gewesen, der auf die complicirten Theilungen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen können, aufmerksam gemacht, und unter andern auch die Theilungsfolge nach zwei Richtungen der Fläche, bei Cibotium Schiedei (wie ich mich nachträglich noch überzeugen konnte), im Wesentlichen richtig erkannte.

Erklärung der Abbildungen.

Die Zeichnungen wurden mit der Camera lucida bei einer Entfernung von 250mm entworfen, die Vergrösserungszahl ist einer jeden Zeichnung beigegeben.

Taf. XXXV.

Fig. 1—10. Iris pumila.

Fig. 1. Junge Oberhaut vor dem Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 2. Junge Oberhaut nach dem Auftreten der Specialmutterzellen. Bei b ist die Entstehung der Specialmutterzelle aus dem vorderen Theile der Urmutterzelle leicht zu verfolgen.

Fig. 3, 4, 5, 6, 7 a u. b. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen; bei 6 beginnt die Bildung der Spalte. Die Contouren des sich bildenden Trichters sind zum Theil gezeichnet, zum Theil weggelassen worden.

Fig. 8. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 9. Eine fertige Spaltöffnung von unten.

Fig. 10. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 11—14. Hyacinthus orientalis.

Fig. 11. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 12. Fertige Spaltöffnung von unten.

Fig. 13. Fertige Spaltöffnung von der Seite.

Fig. 14. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 15—20. Orchis latifolia.

Fig. 15. Junge Oberhaut nach dem Auftreten des Specialmutterzellen.

Fig. 16, 17, 18. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen, bei 18 Bildung der Spalte.

Fig. 19. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 20. Fertige Spaltöffnungen im Querschnitt.

Taf. XXXVI.

Fig. 21—24. Sambucus nigra.

Fig. 21. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 22. Weiteres Wachsthum derselben.

Fig. 23. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 24. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 25 u. 26. Ruta graveolens.

Fig. 25. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 26. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 27—30. Salvinia natans.

Fig. 27. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 28. Weitere Entwicklung und Theilung. Die Oberhautzellen beginnen sich convex nach aussen zu wölben.

Fig. 29. Fertige Zustände von oben. Die Oberhautzellen haben sich stark convex nach aussen gewölbt.

Fig. 30. Eine fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 31 u. 32. Selaginella denticulata.

Fig. 31. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 32. Im Querschnitt.

Fig. 33—35. Asplenium furcatum.

Fig. 33. Entwicklungsgeschichte junger Specialmutterzellen.

Fig. 34. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 35. Im Querschnitt.

Fig. 36. Asplenium bulbiferum (die übrigen zu Aspl. bulb. gehörigen Figuren sind auf nächster Tafel nachzusehen).

Fig. 36. Junge Oberhaut nach dem Auftreten der Mutterzellen oder Specialmutterzellen der Spaltöffnungen. Die Theilung bei a erinnert an Orchis, die Theilung bei c ist für die meisten Farne charakteristisch, b hält die Mitte zwischen beiden.

Taf. XXXVII.

Fig. 37—41. Asplenium bulbiferum.

Fig. 37 u. 38. Theilung der Mutterzellen, Erzeugung von Specialmutterzellen, oder Mutterzellen köheren Grades.

Fig. 39 u. 40. Fertige Zustände von oben. a in Fig. 39 ward durch den ersten. b durch den zweiten, Fig. 40 durch den dritten Theilungsschritt angelegt.

Fig. 41. Spaltöffnung im Querschnitt; bei a die zweimal durchschnittene Mutterzelle — diese Spaltöffnung muss, wie die Spaltöffnung b in Fig. 39, durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden sein.

Fig. 42—46. Silene inflata.

Fig. 42. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen; bei a legt sich der Zellkern der vorderen Wand der Urmutterzelle an, bei b ist die Theilung bereits erfolgt.

Fig. 43 u. 44. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen.

Fig. 45. Flächenansicht fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 46. Eine Spaltöffnung im Querschnitt.



Fig. 47 u. 48. Chrysodium vulgare.

Fig. 47. Spaltöffnung von oben.

Fig. 48. Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 49—51. Aneimia villosa.

Fig. 49. Eine Specialmutterzelle im Augenblicke, wo die Ränder ihrer Schwesterzelle über ihrem vorderen Ende zusammentreffen.

Fig. 50. Eine fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 51. Im Querschnitt.

Fig. 52—55. Aneimia fraxinifolia (die fertigen Zustände auf nächster Tafel).

Fig. 52. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen (a u. a junge Haare).

Fig. 53, 54, 55. Weitere Entwicklung und Theilung der Specialmutterzellen. In Fig. 54 beginnt die untere Oeffnung in der ringförmigen Oberhautzelle deutlich aufzutreten.

Taf. XXXVIII.

Fig. 56 a u. b u. 57. Aneimia fraxinifolia.

Fig. 56. Bei a die Spaltöffnung von oben, bei b von unten; man sieht die Oeffnung in der ringförmigen Oberhautzelle.

Fig. 57. Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 58—62. Thymus serpyllum.

Fig. 58. Auftreten der Mutterzellen und Specialmutterzellen: bei a ist die erste, bei b die zweite Theilung bereits erfolgt.

Fig. 59. Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 60 u. 61. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 62. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 63—69. Physostegia virginiana.

Fig. 63. Die jüngsten Zustände der Mutterzellen und Specialmutterzellen (a a a Drüsenbildungen auf verschiedenen Stufen der Entwicklung).

Fig. 64. Eine durch den zweiten Theilungsschritt angelegte, bereits getheilte Specialmutterzelle.

Fig. 65 u. 66. Eine durch den dritten Theilungsschritt angelegte Specialmutterzelle und deren Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 67 u. 68. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 69. Der Querschnitt.

Fig. 70—73. Mercurialis ambigua.

Fig. 70. Erstes Auftreten der Mutterzellen und Specialmutterzellen; bei a die erste, bei b die zweite Theilung.

Fig. 71. Theilung der Specialmutterzelle und Bildung der Spalte.



Fig. 72. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 73. Querschnitt von Mercurialis perennis.

Fig. 74. Phorbitis hispida.

Fig. 74. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von oben.

Fig. 75—81. Basella alba.

Fig. 75. Bildung der Specialmutterzelle.

Fig. 76. Theilung derselben.

Fig. 77. Erste Theilung von aussen her um die Porenzellen.

Fig. 78. Zweite Theilung von aussen her um die Porenzellen.

Fig. 79 u. 80. Fertige Zustände von oben.

Fig. 81. Der Querschnitt.

Taf. XXXIX.

Fig. 82—95. Equisetum limosum.

Fig. 82. Erstes Auftreten der Mutterzellen. a gew. Oberhautzelle, b Mutterzelle.

Fig. 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90 u. 91. Weitere Entwicklungszustände. 83, 86, 90 u. 91 sind Flächenansichten; 84, 85, 87, 88 u. 89 die entsprechenden Querschnitte. Bei c ist nur eine, bei d sind zwei, bei e drei Theilungen erfolgt. c in Fig. 83 entspricht dem Querschnitt 84, d in Fig. 86 dem Querschnitt 85, e in Fig. 86 dem Querschnitt 87, die Querschnitte 88 u. 89 den Flächenansichten 90 u. 91.

Fig. 92. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von oben; bei g ist das obere Zellenpaar weggelassen, die durchscheinenden unteren Porenzellen gezeichnet.

Fig. 93. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von unten; f oberes Zellenpaar; g die Porenzellen mit der leistenförmigen Verdickung.

Fig. 94. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 95. Längsschnitt einer fertigen Spaltöffnung; f und g wie in Fig. 93; h der Trichter.

Fig. 96—99. Scorpiurus vermiculata.

Fig. 96. Auftreten der Specialmutterzellen und Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 97 u. 98. Fertige Zustände von oben. Die Spaltöffnungen a und a, b und b der Fig. 96 u. 97 haben eine ähnliche Entwicklung gehabt.

Fig. 99. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 100 u. 101. Nolana grandiflora.

Fig. 100. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 101. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 102—106. Sedum spurium (die fertigen Zustände auf nächster Tafel).

Fig 102. Erstes Auftreten der Mutterzellen; bei a die erste, bei b die zweite, bei c die dritte Theilung.

Fig. 103, 104, 105 u. 106. Weitere Entwicklungszustände. Bei d (Fig. 104) Auftreten der Specialmutterzelle, bei e Theilung derselben. In Fig. 105 u. 106 sieht man die benachbarten Oberhautzellen unter die Porenzellen wachsen.

Taf. XL.

Fig. 107—110. Sedum spurium (die fertigen Zustände).

Fig. 107, 108 u. 109. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen. In Fig. 107 ist die enge Spalte angegeben, die die benachbarten Oberhautzellen unter der fertigen Spaltöffnung lassen. In Fig. 108 hat eine Zelle aus der Spirale, die eigentlich Dauerzelle bleiben sollte, die zweite Spaltöffnung b erzeugt.

Fig. 110. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 111—114. Aloe soccotrina.

Fig. 111. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 112. Theilungsvorgänge in den beiden seitlich die Specialmutterzelle umgebenden Zellen a und a.

Fig. 113. Ansicht im fertigen Zustande von oben.

Fig. 114. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 115. Aloe nigricans.

Fig. 115. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 116—120. Claytonia perfoliata.

Fig. 116. Theilung der Specialmutterzelle in die beiden Porenzellen.

Fig. 117. Theilungsvorgänge in den beiden seitlichen Zellen.

Fig. 118 u. 119. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 120. Eine fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 121—126. Maranta bicolor.

Fig. 121. Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in den beiden Seitenzellen bei b.

Fig. 122—123. Weitere Entwicklungszustände; in Fig. 123 zwei neue Theilungen in den beiden kürzlich angelegten Seitenzellen.

Fig. 124 u. 125. Fertige Zustände von oben.

Fig. 126. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Taf. XLI.

Fig. 127 u. 128. Grevillea robusta.

Fig. 127. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 128. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 129—131. Hakea ceratophylla.

Fig. 129. Ansicht von oben.

Fig. 130. Die Spaltöffnung von unten.

Fig. 131. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 132—134. Pothos crassinervia.

Fig. 132. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in allen vieren, die Specialmutterzelle umgebenden Zellen bei b.

Fig. 133. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 134. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 135—138. Ficus elastica.

Fig. 135. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in den benachbarten Oberhautzellen bei b.

Fig. 136. Ein weiterer Entwicklungszustand; Bildung des Trichters.

Fig. 137 a u. b. Flächenansicht im fertigen Zustande von oben (bei a) und von unten (bei b).

Fig. 138. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 139—142. Salisburia adianthifolia.

Fig. 139. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 140. Theilungsvorgänge in den benachbarten Oberhautzellen.

Fig. 141. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 142. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 143. Cycas revoluta.

Fig. 143. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Taf. XLII.

Fig. 144 u. 145. Araucaria imbricata.

Fig. 144. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 145. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 146—150. Tradescantia zebrina.

Fig. 146. Theilungsvorgänge in den beiden Seitenzellen.

Fig. 147. Theilungsvorgänge in den vorderen und hinteren Oberhautzellen.

Fig. 148. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 149. Fertiger Zustand von oben bei gewechselter Einstellung gezeichnet. Alle Scheidewände sind nach innen zu geneigt.

Fig. 150. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 151—155. Commelina communis.

Fig. 151. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 152. Erste Theilung der beiden seitlichen Oberhautzellen.

Fig. 153. Weitere Theilungen der vorderen und hinteren Oberhautzelle.

Fig. 154. Nochmalige Theilung der beiden neuangelegten seitlichen Oberhautzellen.

Fig. 155. Fertiger Zustand von oben.

Ueber die Befruchtung von Aristolochia Clematitis und einiger anderer Aristolochia-Arten.

Von

F. Hildebrand.

(Mit Taf. XLIII.)

Eine der interessantesten von den Pflanzen, welche nicht anders als durch Hülfe der Insekten befruchtet werden können, ist unstreitig unsere einheimische Aristolochia Clematitis. Zwar hat C. K. Sprengel in seinem wichtigen Werke: „Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen" schon eine längere Beschreibung über die Organisation dieser Pflanze in ihren Blüthen und über ihre Befruchtungsweise gegeben, bei näherer Untersuchung, zu welcher mir dieser Sommer Gelegenheit gegeben, fand ich jedoch, dass die Angaben von Sprengel nicht ganz richtig sind, und dass in Wahrheit die Befruchtungsweise eine noch weit interessantere ist, als Sprengel sie darstellt.

Wir wollen direkt auf die Beschreibung des Blüthenbaues übergehen und dann bei der entsprechenden Gelegenheit der Ansichten Sprengel's Erwähnung thun, um sie mit dem Sachverhalt zu vergleichen.

Wir können an der Blume von Aristolochia Clematitis während ihres Blühens drei Zustände unterscheiden: im ersten ist sie weiblich und wird befruchtet, im zweiten männlich, den Pollen zur Befruchtung einer anderen Blüthe liefernd; dazu kann noch ein dritter Zustand angeführt werden, in welchem sie sich schliesst, indem dieses Schliessen von einigen eigenthümlichen Veränderungen begleitet ist.

1. Als Knospen und beim Aufgehen (Fig. 1, 2, 3) stehen die Blüthen gerade aufrecht, meist zu mehreren zusammen in den Blattachseln der blühbaren Stengel; die oberständige, bleich gelbgrüne Blumenkrone — ein Kelch ist nicht vorhanden — ist in ihrem mittleren Theile röhrig, diese Röhre erweitert sich nach unten in einen kugeligen Hohlraum, welchen wir mit Sprengel den Kessel nennen, nach oben ist sie an einer Seite gespalten, und so geht die Blumenkrone in eine einzige an ihrer Spitze ausgerandete Lippe über. Die Blüthe öffnet sich aus der Knospe (Fig. 1), in welcher die Ränder dieser Lippe dicht aneinander schliessen, dadurch, dass diese auseinandertreten, und nun die Lippe sich fast flach ausbreitet (Fig. 3). Am Grunde dieser Lippe ist nun also der Eingang in die Blüthenröhre.

Diese ist beim Oeffnen der Blüthe, wie solches schon Sprengel angiebt, mit Haaren besetzt, welche nach dem Kessel zu an Dichtigkeit ihrer Stellung zunehmen; ausserdem sind sie nicht gerade gestellt, sondern nach dem Grunde der Blüthe hingeneigt, so dass die Röhre (Fig. 3) einer Fischreuse zu vergleichen ist, wo der Eingang leicht, der Ausgang sehr erschwert ist. Hier ist der Ausgang sogar für ein eingedrungenes Insekt fast kaum zu bewerkstelligen, was aus dem Bau der Haare hervorgeht: diese (Fig. 15) sitzen nämlich, aus einer Zellreihe bestehend, einer basalen, schmalen Zelle schief auf; aus der Figur wird nun ersichtlich, dass diese Haare leicht nach dem Kessel der Blumenkrone zu — in der Darstellung nach links — übergebogen werden können, und dass in dieser Weise dem eindringenden Insekt sich ein Weg öffnet; will dasselbe aber den Ausgang erzwingen, so sind die Haare ihm durchaus hinderlich, denn nach dem Ausgang der Blüthe zu — nach rechts — können sie wegen ihrer Gestalt und Anheftung nicht umgebogen werden, da ihre erste, an die Basalzelle sich schliessende Zelle so gestaltet und gestellt ist, dass sie bei einem Stosse nach rechts sehr bald die innere Fläche der Blumenkrone erreicht, so dass das Haar nicht weiter gestossen werden kann und also dem Insekt den Ausgang versperrt — ein eigenthümlicher Mechanismus, hervorgebracht durch eine sehr einfache Art der Zellenform und Lage.

Das Innere des Blüthenkessels ist mit einer schwach papillösen Oberhaut bedeckt, die etwa der ähnlich ist, welche sich auf der Oberseite sammetartig erscheinender Blumenblätter, z. B. der Primeln, findet; mit seiner Basis ist der Kessel der Grenze zwischen Fruchtknoten und den Befruchtungsorganen angewachsen (Fig. 3, 7, 10); da

an diesen letzteren keine griffelähnliche Verlängerung sich findet, so besteht ihr Ganzes nur aus den Antheren und der Narbe, die wir lieber den Narbenkopf nennen wollen. Dieser Narbenkopf ist bei Aristolochia Clematitis (Fig. 8, 11) sechslappig, oder, anschaulicher gesagt, er hat die Form von sechs mit ihrer Hinterseite verwachsenen Kapuzen; diese Kapuzen sind im Innern ganz solide, nur die Vorderseite einer jeden ist frei (Fig. 7), und an ihrer Mitte etwas vorgezogen (Fig. 8). An dieser Vorderseite stehen die Narbenpapillen auf einer dreieckigen Fläche, deren breite Basis mit dem freien Rande zusammenfällt (Fig. 8); schon durch die Lupe sind sie mit ihrem sammetartigen Ansehen kenntlich. Nach dieser Struktur des Narbenkopfes würde man vermuthen, dass jene sechs dreieckigen Stellen die eigentliche Narbenfläche sind, es muss jedoch bemerkt werden, dass die Pollenkörner nicht bloss hier, sondern auch auf den übrigen flachen Zellen, welche die anderen oberflächlichen Stellen des Narbenkopfes bedecken und eine klebrige Feuchtigkeit ausscheiden, haften bleiben.

An der Säule des Narbenkopfes ist unterhalb eines jeden Narbenlappens eine in ihrer Bildung vierfächrige, beim Aufspringen zweifächrige Anthere angewachsen (Fig. 8), und zwar so eng, dass ihr oberer Theil von den freien Narbenrändern in diesem ersten Zustande der Blüthe bedeckt ist (Fig. 7); ferner sind sie in diesem Zustande noch nicht aufgesprungen, und, was endlich noch von ebenso grosser Wichtigkeit ist, der Kessel der Blumenkrone liegt in seinem unteren Theile ihnen so eng an, dass, wenn sie auch wirklich offen wären, kein Insekt leicht würde zu ihnen gelangen können.

Wir sehen hiernach, dass in diesem ersten Zustande die Blüthe nur eine entwickelte, für Insektenberührung offen daliegende Narbe hat, die Antheren sind noch geschlossen und unzugänglich.

2. Nun beginnt der zweite Zustand: Der bis dahin aufrechte Stiel der Blüthe fängt an sich überzuneigen, wodurch die Blumenkrone zuerst in eine horizontale, dann in eine senkrechte, der ersten aber gerade entgegengesetzte Lage kommt, mit ihrer Oeffnung nach unten (Fig. 4).

Während dieses Ueberneigen vor sich geht, beginnen die freien Theile der Narbenlappen sich aufzurichten und nach der Mitte des Narbenkopfes zu sich zurückzuschlagen (Fig. 9, 10, 12); die flachen Zellen dieses sowohl, wie die Papillen der vorher besprochenen dreieckigen Stellen fangen an sich bräunlich zu färben und sich zu zersetzen; es verdirbt also zugleich die Narbenfläche und wird auch

zum Theil durch das Einrollen ihrer Ränder verdeckt. Die Blüthe hat also ihren weiblichen Zustand, in welchem sie befruchtet werden konnte, beendigt.

Zu gleicher Zeit, wo die Narbe diese Veränderung erleidet, entwickeln sich nun die Antheren (Fig. 9 u. 10); sie öffnen sich und liegen durch ein doppeltes Verhältniss für die Berührung durch Insekten offen da: einmal haben sich die sie früher etwas bedeckenden Narbenlappen vor ihnen zurückgeschlagen, dann aber, was das wichtigste ist, hat der Kessel der Blumenkrone an seinem unteren Theile sich weiter ausgebaucht, so dass zwischen ihm und den Antheren ein bedeutender Zwischenraum entstanden ist; man vergleiche Fig. 10 mit Fig. 7.

Jetzt ist die Blüthe in ihrem männlichen Zustande, der Pollen ist reif und kann aus den Antheren entfernt werden.

3. Sobald dieser Zustand nun eingetreten, finden auch Veränderungen in der Blumenkronröhre statt; die Haare fangen nämlich an abzusterben (Fig. 5), indem sie sich bräunlich färben und auf einen sehr geringen Raum zusammenschrumpfen, was auch schon Sprengel beobachtete. Dieses Absterben der Haare beginnt am Eingange in die Blüthe und findet sein Ende am Ausgange in den Kessel, wo die Haare am dichtesten stehen. Hierdurch ist nun plötzlich der Ausgang aus der Blüthe frei und leicht zu finden, da die Blüthe mit ihrer Oeffnung abwärts geneigt ist.

Endlich im letzten Zustande des Verblühens (Fig. 6) klappt sich die Oberlippe der Blumenkrone so um, dass sie den Eingang zum Inneren dieser, wenn auch nicht ganz, so doch zum Theil abschliesst, als ob sie die Insekten verhindern wollte, vergeblich ihre Arbeit zu versuchen.

Kommen wir nun zu der Darstellung Sprengel's und den direkten Beobachtungen der Insektenhülfe bei der Befruchtung: nach Sprengel's Ansicht (l. c. p. 426) hat die Blüthe von Aristolochia Clematitis in ihrem ersten Zustande weder eine entwickelte Narbe, noch geöffnete Antheren — doch lassen wir Sprengel in seiner eigenthümlichen Art selbst reden: „Während dieses ersten Zustandes soll die Blume eine Anzahl von Fliegen fangen, von welchen sie im zweiten Zustande befruchtet werden soll. Da nun aber, sobald die Blume aufgebrochen ist, nicht sogleich die Fliegen wie gerufen angeflogen kommen, sondern nach und nach vom Zufall herbeigeführt werden, so müsste dieser Zustand von ziemlich langer Dauer sein. Ich habe gefunden, dass er sechs Tage währt. Während dieser Zeit

führt der Zufall heute eine Fliege, morgen zwei oder drei auf die Blume, deren jede, durch den Schein betrogen, hineinkriecht. Auf solche Art findet sich endlich eine ganz ansehnliche Gesellschaft von diesen Thierchen hier ein, denen eine so unvermuthete Zusammenkunft in einem so engen Zimmer, und eine so unverschuldete Gefangenschaft in einem so wohl verschlossenen Gefängniss sonderbar genug vorkommen mag. Es hat aber noch keines von denselben Staub an seinem Körper, weil die Antheren sich noch nicht geöffnet haben. Darauf folgt der zweite Zustand, in welchem die Blume reifen Antherenstaub, ein ausgebildetes Stigma und Fliegen genug hat, welche jenen auf dieses bringen. Dieses kann zwar oftmals unterbleiben, weil auch hier alles zufällig ist, muss aber auch öfters leicht geschehen. Denn natürlicher Weise sind die Fliegen, da sie nun schon so lange eingesperrt gewesen sind und nichts zu fressen bekommen haben, darüber ungeduldig geworden, und laufen unwillig im Kessel umher; auch können bei solcher Gemüthsstimmung Streitigkeiten nicht leicht unterbleiben, und es mag in diesen kleinen Gefängnissen, in welche das menschliche Auge nicht hineinschauen kann, zuweilen ziemlich kriegerisch hergehen. Auf solche Art aber müssen sie unter anderen auch an die Antheren gerathen, ihren Staub abstreifen, denselben allenthalben umherschleppen und unter anderen auch auf das Stigma bringen. Dieser Zustand darf daher von keiner langen Dauer sein. Und daher kommt es, dass man selten eine aufrecht stehende Blume gerade in diesem Zustande antrifft; die meisten, welche man aufschneidet, sind noch in dem ersten Zustande. In diesem zweiten Zustande findet man oft, dass die Fliegen, welche schwarz sind, etwas weisses auf dem Rücken haben. Dieses ist Antherenstaub, welchen ich vermittelst des Vergrösserungsglases aus Körnern bestehend gefunden habe. Sobald nun die Natur ihren Endzweck erreicht hat, so versetzt sie die Blume in den dritten Zustand, indem sie dieselbe umkehrt, und die kleine Reuse verwelken und verschwinden lässt, damit nun endlich einmal die armen Fliegen aus ihrem Gefängniss herauskommen und ihre Freiheit wieder erlangen können."

So weit Sprengel in der seine ausführlicheren Beobachtungen zusammenfassenden Darstellung. Es ist zu verwundern, dass derselbe hier nicht die Dichogamie gefunden, auf die er doch in allen Fällen ein so grosses Augenmerk gehabt hat, sondern dass er die Sache so darstellt, als ob jede einzelne Blüthe durch die Fliegen mit ihrem eigenen Pollen bestäubt würde.

Nach unseren Beschreibungen und weiteren Beobachtungen ist der Sachverhalt nun folgender:

In dem ersten Zustande der Blüthen dringen kleine Fliegen durch die Reuse der Blumenkronröhre in die Blüthe ein und versammeln sich, gefangen, in dem Kessel. Bei meinen Beobachtungen, welche ich an Pflanzen anstellte, die zahlreich in einem Kartoffelfelde wucherten, fand ich z. B. am 13. Juli unter 25, im ersten Zustande befindlichen Blüthen, 7, welche in ihrem Kessel kleine Fliegen enthielten; zu anderen Zeiten fand ich verhältnissmässig weniger gefangene Fliegen; die mehr oder weniger warme Witterung schien, wie wohl überall bei dem Besuche der Insekten, so auch hier einen Einfluss zu üben. Wodurch die Fliegen in die Blüthen gelockt werden, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen; Honigsaft findet sich darin nicht, vielleicht ist es der Geruch und die Klebrigkeit am Narbenkopf, welches sie anzieht.

Diese kleinen Fliegen bringen nun von anderen Blüthen der Aristolochia Clematitis, aus denen sie so eben befreit worden sind, wie wir sogleich sehen werden, Pollen, meist auf ihrem Rücken, mit in die Blüthe des ersten Zustandes; meistentheils fand ich den Pollen von ihnen schon abgewischt, aber in einem Falle sass ein dicker Klumpen davon einer Fliege noch auf dem Rücken; derselbe konnte nicht von der vorliegenden Blüthe herrühren, da in ihr die Antheren weder geöffnet, noch zugänglich waren. Dieser eine Fall beweist, dass der Pollen den Fliegen so fest anklebt, dass er nicht beim Eindringen in eine junge Blüthe durch die im Eingange befindlichen Haare an ihrem Rücken abgewischt werden kann. Dass man den Pollen so selten direkt auf dem Rücken der Fliegen beobachtet, kommt jedenfalls daher, dass diese denselben sehr bald an der Narbe verlieren; nur an solchen Fliegen, die so eben in die Blüthe hineingekrochen sind, kann man ihn noch zu finden hoffen.

So bringen also die Fliegen den Pollen auf die Narbe der Blüthe in dem ersten Zustande dieser, und haben so einen Theil ihrer Arbeit verrichtet; um den zweiten zu vollbringen, müssen sie nun etwas warten, und dazu ihre Gefangenhaltung.

Wie wir gesehen haben, treten nun die Blüthen in ihren zweiten Entwickelungszustand: sie werden männlich, indem die Antheren sich öffnen. Die in dem Kessel umher sich bewegenden Fliegen können nun, wo auch der Kessel sich unten ausgebaucht hat, hier herum kriechen und berühren unfehlbar den Pollen, welcher ihnen leicht anklebt; aber auf die Narbe derselben Blüthe können sie diesen nicht

bringen, da jene schon verderbend und geschlossen. So müssen sie noch einige Zeit — doch nicht, wie Sprengel sagt, 6 Tage, sondern nach meinen Beobachtungen vielleicht nur einen halben bis einen Tag — warten; der Ausgang aus der Blüthe öffnet sich dann durch Absterben der Haare, sie können ihn leicht finden und fliegen nun mit dem Pollen zu einer anderen aufrechten Blüthe, deren frischer Geruch sie anlockt, um auf der jungen, empfängnissfähigen Narbe den Pollen zu lassen.

Man findet in der That in den Blüthen, welche im zweiten oder gar dritten Zustande sind, niemals eine Fliege mehr; um sie noch mit Pollen bestäubt anzutreffen, pflückte ich an einem Abende mehrere aufrechte Blüthen, in denen also die Antheren noch nicht geöffnet waren, ab und bewahrte sie unter Verschluss bis zum anderen Mittag; als ich sie dann öffnete, waren die Antheren aufgebrochen und in den, zwar wenigen, Fällen, wo Fliegen in dem Kessel waren, hatten diese auf dem Rücken einen grossen Haufen Pollenkörner angeklebt.

Wir sehen hiernach, dass die Einrichtungen in den Blüthen der Aristolochia Clematitis doch bedeutend von den Darstellungen Sprengel's*) abweichen; noch unrichtiger ist die Ansicht, wo der Natur Grausamkeit vorgeworfen wird, da sie wegen der Befruchtung einer Blüthe mehrere Fliegen sich in dieser fangen liesse, die dann, da der Ausgang stets verschlossen bliebe, elend umkommen müssten, — nein, wir sehen im Gegentheil hier eine so weise Einrichtung, wie sie nur ihres Gleichen sucht: Durch die unansehnliche Blumenkrone, ihren versteckten Stand und den mangelnden Honigsaft ist die Aristolochia Clematitis sehr benachtheiligt und der Insektenbesuch sehr unwahrscheinlich und selten gemacht — wie wir auch wirklich die Insekten sehr selten hier in Thätigkeit finden. Dieser Nachtheil wird aber dadurch wieder wenigstens etwas kompensirt, dass ein Insekt, wenn es in eine Blüthe gelangt ist, so lange darin zurückgehalten wird, bis sie Pollen für die folgende Blüthe mitnehmen kann; nur in die erste Blüthe, welche sie überhaupt besucht, kommt sie ohne

*) Ich übergehe die wenigen Citate und Besprechungen der Sprengel'schen Darstellung; sie machen, so weit ich sie kenne, den Eindruck, als ob niemand die Sache nachuntersucht und ein jeder nur seine unmaassgebliche oft vorgefasste Meinung darüber ausspreche.

Pollen, zu den anderen allen bringt sie hingegen den befruchtenden Staub, keine besucht sie nutzlos.

Wir haben hiernach bei der Aristolochia Clematitis eine sehr merkwürdige Einrichtung der weiblich-männlichen Dichogamie, die von der bei den anderen Dichogamen vorkommenden verschieden ist, und bis jetzt einzig dasteht. Bei den gewöhnlichen Dichogamen, also z. B. den weiblich-männlichen Scrophularia-Arten kommen die Insekten und befruchten die Narbe einer jungen Blüthe mit dem Pollen einer älteren, ohne aber in dieser jungen Blüthe zu warten, bis sie von ihr auch Pollen für die zunächst zu besuchenden mitnehmen können — bei Aristolochia Clematitis hingegen muss ein Insekt, wenn es A gesagt hat, auch B sagen; ist es pollenbringend und befruchtend hineingekrochen, so darf es nicht eher wieder fort, als bis es für eine nächste Blüthe wieder Pollen mitnehmen kann. Es steht also die Aristolochia Clematitis in einem merkwürdigen Mittel zwischen den Dichogamen und Nicht-Dichogamen: bei letzteren nämlich kann das Insekt ebenfalls eine und dieselbe Blüthe mit Pollen von einer anderen befruchten und zugleich Pollen von ihr für eine dritte mitnehmen, nur ist der Unterschied der, dass durch die Gleichzeitigkeit in der Entwickelung der beiden Geschlechter bei den Nicht-Dichogamen das Insekt nicht auf die noch bevorstehende Entwickelung des anderen Geschlechtes derselben Blüthe warten darf, während es bei Aristolochia Clematitis bis zur Erfüllung dieses Zeitpunktes eine Weile zurückgehalten wird.

Sprengel spricht noch davon, dass der Kessel der Blumenkrone von Aristolochia Clematitis grösstentheils mit einem Gewebe von fadenförmigen Haaren austapezirt sei; diese Haare sind nach meiner Beobachtung nichts anderes als Pollenschläuche. Wenn nämlich der Pollen aus den Antheren durch Insekten nicht entfernt wird, so treibt derselbe in älteren Blüthen von seinem Platz aus Schläuche in die feuchte Luft des Kesselraumes hinein; dieselben wachsen aber nicht nach oben der ohnehin schon verderbenden Narbe zu, sondern wenden sich nach der Kesselwand, den ganzen Raum des Kessels wie ein Filz durchziehend.

Noch ein Punkt verdient Erwähnung bei der Entwickelung der Aristolochia Clematitis, der von Interesse sein dürfte: wenn diese nämlich aufgeht, so ist der Fruchtknoten noch nicht sechsfächerig (Fig. 13), die Placenten ragen nur in seine Höhlung hinein, sind aber noch nicht in der Mitte mit einander verwachsen; erst wenn die Blüthe zum zweiten Zustande ihrer Entwickelung übergeht, fin-

det diese Verwachsung statt (Fig. 14), so dass dann erst der Fruchtknoten wirklich sechsfächerig ist. —

Wir haben bis dahin nur von der Befruchtungsart der Aristolochia Clematitis gesprochen, aus dem Grunde, weil diese einheimisch ist und daher ihre Befruchtung am leichtesten und sichersten zu studiren. Höchst wahrscheinlich ist es nun, dass bei den Arten von Aristolochia, welche eine ähnliche Form der Blumenkrone haben wie die unsere, also z. B. A. longa, pallida, rotunda, die Befruchtungsweise der von Aristolochia Clematitis beschriebenen ganz gleich ist.

Etwas anders verhält sich nun die Sache bei denjenigen Arten, welche eine pfeifenkopfähnliche Blumenkrone besitzen, von denen wir in frischen Exemplaren die Aristolochia Sipho und tomentosa zur Untersuchung vor uns hatten. Zwar ist die Befruchtungsweise bei diesen beiden Arten immerhin der von Aristolochia Clematitis sehr ähnlich, verdient jedoch der Erwähnung, damit für die Zukunft diejenigen, welche die Tropenländer besuchen, aufmerksam darauf gemacht werden, die ausländischen Arten mit ähnlicher und anderer Blumenkrone näher zu beobachten und in den verschiedenen Entwickelungszuständen der Blüthen zu sammeln; in den Abbildungen findet man immer nur einen Zustand der Geschlechtstheile dargestellt, während die Beobachtungen an Aristolochia Clematitis, Sipho und tomentosa die Vermuthung erlauben, dass wohl an allen Arten der grossen Gattung Aristolochia wenigstens zwei verschiedene Entwickelungsstufen in der aufgegangenen Blüthe vorkommen werden.

Aristolochia Sipho und tomentosa unterscheiden sich in der Blüthe nur durch die Rauhigkeit auf der Aussenseite bei der letzteren und dadurch, dass die Lappen des dreizipfligen Blumenkronsaumes bei A. Sipho flach, bei A. tomentosa am Rande eingerollt sind. Die folgenden Beobachtungen beziehen sich auf beide dieser Arten.

Die Blumenkrone hat die Form eines Ulmer Pfeifenkopfes (Fig. 16), und befindet sich während der ganzen Dauer ihres Blühens in einer und derselben Lage, ihre Oeffnung ist immer nach oben gerichtet. Die Röhre ist, von der Biegung nach aufwärts an, bedeutend weiter als die bei Aristolochia Clematitis und nicht von Haaren, wie dort, verschlossen; der Kessel ist zwar geräumiger als bei A. Clematitis, aber im Verhältniss zur Röhre bedeutend weniger erweitert, als dort. Ein anderer Unterschied liegt in den Befruchtungsorganen, an denen zwei Zustände zu unterscheiden sind: im ersten ist die Narbe entwickelt und empfängnissfähig, im zweiten sind die Antheren geöffnet.

1. Wenn die Blüthe aufgeht (Fig. 17, 18, 19), so haben die 3 Lappen der Narbe eine ähnliche Gestalt, wie die 6 bei Aristolochia Clematitis, nur sind sie an ihren Spitzen mehr abgestumpft, manchmal sogar mit einer Furche versehen; ihr vorderer Rand ist frei, in der Mitte etwas ausgerandet und bedeckt das obere Ende der beiden an der Aussenseite jedes Narbenlappens befindlichen je 2-(4-)fächerigen Antheren; an diesem freien Rande befindet sich ein Streifen von Papillen, während die übrige Oberfläche, also der grösste Theil der Narbenlappen, aus flachen Zellen besteht, welche einen fadenziehenden Schleim aussondern, der am Finger kleben bleibt. Die so eben erwähnten Antheren sind noch nicht geöffnet, ausserdem ist auch der Grund des Blüthenkessels nicht ausgebaucht, so dass er die Antheren fast ganz durch nahes Anliegen an denselben vor einer Berührung durch Insekten schützt.

In Blüthen dieses Zustandes fand ich Anfangs Juli meistentheils eine grosse Anzahl von Fliegen in dem Kessel versammelt; in einem Falle 11, in einem anderen sogar 13, von der verschiedensten Grösse und Art; im Allgemeinen waren dieselben bedeutend grösser als die bei Aristolochia Clematitis beobachteten, was mit der verschiedenen Weite des Einganges in die Blüthe offenbar in Zusammenhang steht. In solchen von Fliegen besuchten Blüthen waren stets Pollenkörner auf der Narbe, sowohl auf ihrem Rande, als auch auf der klebrigen Oberfläche des ganzen Narbenkopfes; sie hatten schon meistentheils ihre Schläuche getrieben, die aber nicht direkt in den Narbenkopf eindringen, sondern auf seiner Oberfläche weiter kriechen und erst in der Mitte des ganzen Narbenkopfes, wo die 3 Lappen mit ihren inneren Ecken zusammenstossen, zum Fruchtknoten hinuntersteigen (Fig. 23). Dieser Pollen musste durchaus von anderen Blüthen durch die Fliegen herbeigebracht sein, da die eigenen Antheren noch nicht aufgesprungen waren.

2. Nach etwa einem Tage, während dessen also der erste, weibliche Zustand der Blüthe gedauert hat, beginnt der zweite, männliche, einzutreten (Fig. 20, 21, 22 u. 24): die Narbenränder, welche früher das obere Ende der unaufgebrochenen Antheren bedeckten, beginnen sich in die Höhe zu richten, allmählich rollen sie sich nach dem Mittelpunkte des Narbenkopfes um, so dass die nunmehr sich auch zersetzende Narbenfläche ganz eingeschlossen wird (Fig. 24). Das Aufrichten der Narbenlappen ist manchmal so stark, dass sie sich in der Mitte des Narbenkopfes begegnen und dicht aneinander-

legen, während in anderen Fällen bei stärkerer Umrollung der Spitzen noch ein dreieckiger Raum zwischen ihnen offen bleibt (Fig. 20).

Während die Narbe nun durch diese Veränderungen abgeschlossen wird und zugleich verdirbt, öffnen sich die Antheren; sie liegen nunmehr ganz offen da, indem sowohl die sie ein wenig bedeckenden Narbenlappen sich aufgerichtet haben, als auch der Kessel der Blumenkrone nach unten sich etwas ausgebaucht hat (Fig. 24), also von den Antheren zurückgetreten ist. Nunmehr ist die Blüthe allein männlich.

In diesem Zustande fand ich niemals Fliegen in ihr, dieselben machen sich offenbar gleich davon, sobald der zweite Zustand der Blüthe einige Zeit gedauert hat und sie einigen Pollen angeklebt erhalten haben. Diesen bringen sie nun zu einer jungen Blüthe, wo die Narbe empfängnissfähig ist, wie wir ja solches nach dem Früheren direkt bemerkt haben, wo in solchen jungen Blüthen (Fig. 23) Pollen sich auf der Narbe fand, ohne dass die eigenen Antheren geöffnet gewesen wären.

Es fragt sich nun noch: weshalb besuchen die Fliegen die Blüthen, und weshalb halten sie sich in denselben so lange auf, da sie doch nicht so fest gefangen sind wie bei Aristolochia Clematitis, wo die Blumenkronröhre von den Haaren verschlossen ist? Zum Eintritt in die Blüthe lockt wahrscheinlich der Geruch, welchen dieselbe beim Aufblühen entwickelt; die Fliegen kriechen durch das enge Loch an der Spitze der Blüthe in die gebogene Röhre hinein und gelangen endlich zu der Säule der Geschlechtstheile; hier finden sie zwar keinen Nektar, bleiben aber doch so lange, bis die Antheren sich öffnen; aus diesen fressen, oder richtiger gesagt, saugen sie nun höchst wahrscheinlich den Pollen zum grössten Theil heraus, während ein wenig davon ihrem Körper anhaften bleibt. Zu dieser Vermuthung, dass die Fliegen von dem Pollen geniessen, führt mich der Umstand, dass Blüthen, welche ich aus dem Freien genommen im zweiten Zustande untersuchte, fast keinen Pollen mehr in den Antheren hatten, während solcher in den Blüthen, welche im Zimmer sich entwickelt und nicht von Insekten besucht worden waren, in grossen Massen sich fand. Uebrigens darf hier nicht der Einwand gemacht werden, wie es wohl geschehen, dass ja hiernach die Fliegen offenbar die Befruchtung beeinträchtigten, indem sie den Pollen verzehrten: es kommen viele Beispiele vor, wo die Blüthen nur des Pollens wegen von den Insekten besucht werden, und wo es zugleich ganz offenbar ist, dass gerade nur durch diesen Besuch die Befruch-

tung bewerkstelligt wird, und so die Insekten für die Nahrung, welche ihnen die Blüthe liefert, sogleich einen Gegendienst leisten müssen.

Schwierig zu beantworten ist die Frage, weshalb die Fliegen sich so lange in den Blüthen aufhalten und weshalb sie nach dem Oeffnen der Antheren wieder hinauskriechen, da ja die Blüthe zu Anfang dieselbe Form und Lage hat wie zu Ende, auch keine Haare die Röhre jemals verstopfen, also die Rückkehr zu jeder Zeit gleich leicht oder schwer ist. Vielleicht giebt hier die eigenthümliche Krümmung der Blumenkrone eine genügende Erklärung, indem durch diese den Fliegen der Ausgang bedeutend mehr erschwert ist als bei Aristolochia Clematitis — zur Zeit, wo bei dieser die Haare in der Röhre abgestorben — so dass es also erst nach längerer Zeit, nach dem Oeffnen der Antheren, den Fliegen gelingen wird, den Ausgang aus der umgebogenen Röhre zu finden; auch könnte man glauben, dass die Fliegen erst dann Lust verspürten, ernstlich den Ausgang zu suchen, wenn sie allen ihnen erreichbaren Pollen verzehrt haben.

Sicher ist, dass in der That die Fliegen die jungen Blüthen aufsuchen, in ihren Kessel hineinkriechen, wo sie so lange bleiben, bis die Antheren sich geöffnet haben; erst dann kriechen sie mit Pollen beladen heraus und begeben sich zu einer anderen Blüthe, auf deren so eben empfängnissfähig gewordener Narbe sie den Pollen anschmieren. —

Wir haben hiernach bei Aristolochia Sipho und tomentosa eine ganz ähnliche Einrichtung der Befruchtungstheile und ähnliche Art der Befruchtung wie bei Aristolochia Clematitis, nur dass hier die Form der Geschlechtstheile und der Blumenkrone eine etwas andere ist.

Wenden wir uns nun noch zu den weiteren Folgen der Bestäubung, d. h. zu der Entwicklung des Samens, da diese bei den Aristolochia-Arten, namentlich bei unserer zu Lauben so viel gezogenen Aristolochia Sipho eine sehr merkwürdige, von anderen Samenbildungen abweichende ist. Bei Aristolochia Clematitis und tomentosa liess sich die Fruchtbildung schwer verfolgen, bei Aristolochia Sipho hingegen konnten wir sie in fast allen Stadien beobachten, so dass wir nur von dieser reden.

Einige Zeit, bevor die Blüthe aufgeht, sind die anatropen Samenknospen (Fig. 25) schon angelegt; beide Integumente sind vorhanden, das äussere reicht noch nicht bis zur Spitze des inneren, die Spitze dieses liegt fast der Placenta an. Der Rücken der Samenknospe, die Raphe, ist schon sehr stark im Verhältniss zu dem übrigen Theile

derselben ausgebildet; es ist aber in ihm noch nichts von Gefässen zu finden, indem die ganze Samenknospe aus sehr kleinen parenchymatischen Zellen besteht. Die einzelnen Samenknospen sind an der Placenta etwa um ihren Breitendurchmesser von einander entfernt (Fig. 25); ihre Raphe liegt oben, dem Gipfel des Fruchtknotens zu, die Mikropyle also von der Fruchtknotenspitze abgewandt.

In der aufgegangenen Blüthe ist die ganze Samenknospe gewachsen (Fig. 26), die ihrem Anheftungspunkte entgegengesetzte Seite hat sich abgeplattet; in den Rücken tritt aus der Placenta ein Gefässbündel, dessen Weiterbildung an seiner Spitze bemerkbar. Im Nucleus ist der Embryosack deutlich zu erkennen. Die einzelnen Samenknospen liegen nun nach ihrem Wachsthum dicht aneinandergedrängt, der Rücken jeder unteren schliesst sich dicht an das äussere Integument der oberen (Fig. 26).

Nun findet die Befruchtung im Embryosack statt, die ich jedoch wegen verschiedener Schwierigkeiten nicht direkt zu beobachten vermochte — was aber für unseren Zweck von nicht sonderlicher Wichtigkeit ist. Die Folge davon ist, ausser der eingetretenen Embryobildung, dass der parenchymatische Rücken der Samenknospe sich stärker entwickelt, sowohl durch Zelldehnung, als auch noch durch neue Zellbildung; das Gefässbündel rückt weiter nach der Ansatzstelle des Nucleus vor (Fig. 27).

Am 2. Juli waren einige Fruchtknoten schon stark angeschwollen; die darin enthaltenen Samenknospen sind, von oben aus gesehen, herzförmig geworden (Fig. 29); im Längsschnitt (Fig. 28) zeigen sie sich etwas gebogen und stehen nicht ganz senkrecht auf der Längsrichtung der Placenta. Der Rücken hat sich ganz enorm entwickelt und ist drei- bis viermal dicker als der wesentliche Theil des Samens; das in diesem Rücken verlaufende Gefässbündel endigt an der Ansatzstelle des Nucleus. An dem übrigen Theil der befruchteten Samenknospe hat das äussere Integument das innere überwachsen und ist an seiner Spitze wulstig und gelappt. In dem Embryosack ist ein mehrzelliger Embryo zu erkennen, welcher in einem noch sehr weichen Endosperm liegt, in welchem noch keine körnigen Stoffe sich finden. Der Embryosack hat eine ähnliche Herzform wie der ganze Same.

Von jetzt ab vergrössern sich alle Theile des Samens, ohne ihre Form oder das Verhältniss der einzelnen Theile zu einander weiter zu ändern. Am 30. Juli waren einige Früchte der Grösse nach ausgewachsen: die Zellen des Samens sind nun auf allen Aussenseiten

durch Verdickung der Wände härter geworden; das äussere Integument hat sich an seiner Spitze noch mehr wulstig erweitert, so dass es an dem herzförmigen Samen wie ein kleines Häkchen vorsteht (Fig. 30 unten links). Die Basis des Nucleus, die Chalaza, ist in die Breite gezogen und gelblich gefärbt. Die inneren Zellen des Samenrückens sind, mit Ausnahme des Gefässbündels, alle gleich gross; ohne merkliche Verdickung der Wände stossen sie in scharfem Gegensatze an die kleinen, stark verdickten des inneren Integuments, in dieser Weise die spätere Spaltung des Samens vorbereitend; schon jetzt lässt sich diese durch einen Druck bewerkstelligen: der dünne feste Embryotheil des Samens löst sich von dem weichen Rücken seiner ganzen herzförmigen Fläche nach ab und bleibt mit ihm nur durch das Gefässbündel vereinigt, welches, aus dem Rücken hervortretend, am Grunde des Nucleus befestigt ist (Fig. 32).

Im Oktober reift die Frucht und öffnet sich durch Spaltung ihrer 6 Scheidewände. Die Samen sind nunmehr braun geworden; der dicke schwammige Rücken derselben fängt nach dem Oeffnen der Frucht von seiner Innenseite an zusammenzuschrumpfen und löst sich dabei von dem übrigen embryonischen Theile des Samens ab (Fig. 33), während er dem benachbarten oberen Samen eng anliegen bleibt. Hierdurch gewinnt es den Anschein, als ob er zu jenem benachbarten oberen Samen gehöre; heben wir aber die einzelnen Samen vorsichtig heraus, so erkennen wir den wahren Zusammenhang der Sache: es hängen immer zwei herzförmige braune Körper aneinander (Fig. 34), der eine, obere, ist der schwammige Samenrücken und enthält ein Gefässbündel, der andere, untere, ist fest und besitzt in einem stark ausgebildeten Eiweiss einen kleinen Embryo mit 2 Cotyledonen (Fig. 35). Beide Theile sind ziemlich fest durch das Gefässbündel mit einander verbunden, welches aus dem schwammigen Theile entspringend an der Ausrandung des embryohaltigen befestigt ist.

Diese Eigenthümlichkeit des Samens von Aristolochia Sipho können wir uns nunmehr nach Verfolgung der Entwickelungsgeschichte leicht erklären: sie ist dadurch entstanden, dass der Rücken der anatropen Samenknospe sich zu einem schwammigen Körper entwickelt hat, der den embryohaltigen Theil des Samens weit an Dicke übertrifft und bei der Reife der Frucht sich von diesem vermöge der Austrocknung seiner unverdickten, inhaltslosen Zellen trennt.

Erklärung der Figuren.

Taf. XLIII.

Fig. 1—15. Aristolochia Clematitis.

Fig. 1—6. Blüthen auf verschiedener Entwickelungsstufe in natürlicher Grösse.

Fig. 1 Eine Knospe kurz vor dem Aufblühen.

Fig. 2. So eben aufgegangene Blüthe von der Seite.

Fig. 3. Dieselbe von vorne, der untere vordere Theil der Blumenkrone ist weggeschnitten, man sieht am Grunde die Geschlechtstheile und in der Blumenkronröhre die reusenartig gestellten Haare.

Fig. 4. Eine Blüthe, nachdem sie sich übergeneigt.

Fig. 5. Dieselbe, nachdem eine Seite entfernt; man sieht in der Röhre die Haare von Fig. 3 abgestorben als schwarze Pünktchen.

Fig. 6. Eine geschlossene Blüthe, die Lippe hat sich vor die Oeffnung der Blumenkronröhre geklappt.

Fig. 7—12. Die Säule der Geschlechtstheile mehreremale vergrössert.

Fig. 7, 8, 11. Aus einer jungen Blüthe, wie Fig. 2 darstellt.

Fig. 8. Von der Seite: man sieht 3 zweifächerige Antheren an ihrer Spitze von den kapuzenartigen Narbenlappen bedeckt; auf diesen bezeichnen die feinen Striche die Stellen, an welchen sich Papillen befinden.

Fig. 11. Der 6lappige Narbenkopf von oben.

Fig. 7. Längsschnitt gerade durch die Mitte der Geschlechtssäule: die Antheren sind noch nicht geöffnet, an ihrer Spitze von den Narbenlappen bedeckt, und am Grunde von dem ziemlich eng anliegenden Kessel der Blumenkrone vor Berührung gesichert.

Fig. 9, 10, 12. Die Geschlechtstheile aus einer älteren Blüthe.

Fig. 9. Von der Seite: die Antheren sind geöffnet, die Narbenlappen in die Höhe geschlagen.

Fig. 10. Längsschnitt gerade durch die Mitte: die Ränder der Narbenlappen sind nach oben eingerollt und der Kessel der Blumenkrone nach unten ausgebaucht, daher die Antheren der Berührung ganz frei liegend.

Fig. 12. Narbenkopf von oben.

Fig. 13. Querschnitt durch den Fruchtknoten einer jungen Blüthe; die Placenten sind noch nicht in der Mitte verwachsen. Vergrösserung 10mal.

Fig. 14. Desgl. aus einer älteren Blüthe: der Fruchtknoten ist nunmehr 6fächerig.

Fig. 15. Ein Haar aus der Röhre einer jungen Blüthe, 155mal vergrössert, mit der Spitze nach dem Kessel der Blumenkrone zeigend; das Nähere siehe im Text p. 344.

Fig. 16—24. Aristolochia tomentosa.

Fig. 16. Blüthe in natürlicher Grösse.



Fig. 17, 18, 19, 23. Geschlechtstheile einer so eben aufgegangenen Blüthe, mehrmals vergrössert.

Fig. 17. Narbenkopf von oben.

Fig. 18 u. 19. Geschlechtstheile von zwei verschiedenen Seiten: man sieht die 3 Narbenlappen, an denen je 2 zweifächerige Antheren angewachsen.

Fig. 23. Längsschnitt gerade durch die Mitte eines Narbenlappens geführt, dieser liegt noch mit seiner Spitze über den Antheren, an dieser Spitze der querdurchschnittene Papillenstreifen, weiter hinauf einige Pollenkörner, deren Schläuche nicht direkt in den Narbenkopf eindringen, sondern auf ihm in der Richtung nach seiner eingesenkten Mitte verlaufen; der Blumenkronkessel liegt nach unten den Antheren an.

Fig. 20, 21, 22, 24. Geschlechtstheile einer älteren Blüthe, mehrmals vergrössert.

Fig. 20. Aufgerichtete Narbenlappen von oben gesehen: an den 3 Seiten die aufgesprungenen Antheren.

Fig. 21 u. 22. Geschlechtssäule von zwei verschiedenen Seiten, die Narbenlappen aufgerichtet, die Antheren geöffnet.

Fig. 24. Längsschnitt gerade durch die Mitte eines Narbenlappens, dieser aufgerollt, der Blumenkronkessel unten abstehend und dadurch die geöffnete Anthere für jede Berührung freiliegend.

Fig. 25—35. Aristolochia Sipho.

(Samenentwickelung.)

Fig. 25. Samenknospen einige Zeit vor dem Aufgehen der Blüthe, 10mal vergrössert.

Fig. 26. Dieselben beim Aufgehen der Blüthe, 10mal vergrössert.

Fig. 27. Dieselben etwas später, gleich nach der Befruchtung, 10mal vergrössert, der Rücken der Samenknospen ist schon dicker im Durchmesser als der übrige Theil; das Gefässbündel in ihm ist noch nicht bis zum Nucleus vorgedrungen.

Fig. 28. Längsschnitt durch eine Samenknospe, einige Zeit nach der Befruchtung; der Rücken hat sich noch mehr im Verhältniss zum anderen Theil des Samens entwickelt, das Gefässbündel in ihm endigt nunmehr am Grunde des Nucleus. Etwa 4mal vergrössert.

Fig. 29. Schnitt durch denselben Samen parallel der herzförmigen Oberfläche.

Fig. 30— 35. Samen in natürlicher Grösse.

Fig. 30. Ein Same noch unausgetrocknet, von der Seite.

Fig. 31. Derselbe von oben.

Fig. 32. Derselbe im Längsschnitt, nachdem durch einen Druck der Rücken von dem Haupttheil des Samens gelöst.

Fig. 33. Reifer Samen von der Seite in ursprünglicher Lage: der Rücken ist eingeschrumpft und hat sich von dem unteren, schmalen embryonischen Theil des Samens zurückgezogen.

Fig. 34. Derselbe Same aus seinem Fache genommen; beide Theile hängen nur noch mit dem an der Ausbuchtung des embryonischen Samentheils befestigten Gefässbündel zusammen.

Fig. 35. Spitze des Samens im Längsschnitt, mit dem Embryo; mehrmals vergrössert.

Bonn, im Herbst 1866.



Ueber die Nothwendigkeit der Insektenhülfe bei der Befruchtung von Corydalis cava.

Von

F. Hildebrand.

Es giebt gewisse Pflanzen, von denen die Befruchtung ohne Hülfe der Insekten über allen Zweifel erhaben scheint, weil entweder schon in der Knospe oder in der geöffneten Blume die aufgebrochenen Antheren die Narbe berühren und den Pollen gegen diese drücken. Einige von diesen Pflanzen, z. B. die Canna-Arten, kann man in der That Samen tragen sehen, wenn man sie auch gegen jeden Einfluss der Insekten, gegen Berührung und dergleichen schützt; es giebt aber sicherlich eine andere Anzahl, die durchaus die Kreuzung verschiedener Blüthen verlangen, um gute Früchte tragen zu können.

In dieser Beziehung waren besonders die Experimente interessant, welche ich im vergangenen Frühjahr mit Corydalis cava anstellte. Da die Resultate dieser Experimente so überraschend und entscheidend waren, theile ich dieselben im Folgenden mit:

Es ist bekannt, dass bei Corydalis cava, wie bei den anderen Fumariaceen, die Staubgefässe dem Narbenkopfe eng anliegen, so dass der schon in der Knospe aus den geöffneten Antheren hervorbrechende Pollen unfehlbar auf die Narbe gelangt. Hiernach sollte man glauben, dass bei sonst günstigen Verhältnissen der Witterung und des Standortes jede Blüthe eine Frucht hervorbringen müsse; die folgenden Experimente zeigten jedoch, dass dieses durchaus nicht der Fall, sondern dass die Thätigkeit der Insekten noch zu Hülfe

kommen muss, indem zur Samenerzeugung eine Kreuzung der Individuen nothwendig ist. An einer grösseren Anzahl von Exemplaren (sowohl mit rothen als weissen Blüthen), welche ich im Zimmer hatte, und die dort eben so üppig aus den im Freien gebildeten Knospen die offenen Blüthen entwickelten wie draussen, stellte ich folgende 7 Arten der Befruchtung an:

1. Ich kreuzte die Blüthen mehrerer Individuen mit den Blüthen anderer Individuen derselben Farbe, und erhielt von den Blüthen der einzelnen Trauben folgende Anzahl von Früchten und Samen:

Anzahl der an einer und derselben Traube bestäubten Blüthen	Anzahl der daraus entstandenen Kapseln	Anzahl der darin enthaltenen guten Samen
3	3	6, 7, 7.
4	4	1, 3, 3, 1.
4	4	4, 6, 6, 5.
4	3	2, 3, 6.
3	3	Samen nicht gezählt.
6	6	
5	4	
4	4	
9	8	

2. Ich bestäubte Blüthen der rothen Abart mit Pollen der weissen:

Anzahl der an einer und derselben Traube bestäubten Blüthen	Anzahl der daraus entstandenen Kapseln	Anzahl der darin enthaltenen guten Samen
3	3	6, 7, 7.
2	1	Samen nicht gezählt.
4	4	

3. Es wurden Individuen der weissen Abart mit den Blüthen der rothen bestäubt:

Anzahl der an einer und derselben Traube bestäubten Blüthen	Anzahl der daraus entstandenen Kapseln	Anzahl der darin enthaltenen guten Samen
5	3	6, 1, 1.
5	4	Samen nicht gezählt.
4	4	

4. Ich kreuzte die Blüthen der einzelnen Trauben unter einander, nahm also Kreuzungen mit Blüthen eines und desselben Individuums vor:

Anzahl der an einer Traube gekreuzten Blüthen	Anzahl der daraus entstandenen Kapseln	Anzahl der darin enthaltenen Samen
3	1	2 gute Samen
5	1	1 schlechter Same
4	0	0 Same
4	1	2 schlechte Samen.

5. Ich rieb an verschiedenen Trauben den Pollen jeder Blüthe auf dem Narbenkopf derselben Blüthe hin und her:

von 27 so behandelten Blüthen erzeugte keine einzige eine Kapsel.

6. An verschiedenen Trauben liess ich die Blüthen ganz unberührt:

von 57 solcher Blüthen erhielt ich keine einzige Kapsel, obgleich die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Pollenschläuche in den Griffel durch die Narbe eingedrungen waren.

7. Endlich behandelte ich 5 Trauben folgendermaassen: an jeder bestäubte ich 2 Blüthen mit dem Pollen anderer Individuen, und 2 andere mit Pollen desselben Individuums; von den ersteren 10 Blüthen erhielt ich an den verschiedenen 5 Trauben folgende Anzahl von Samen in den daraus entstandenen 10 Kapseln: 5. 5. — 0. 3. — 6. 7. — 1. 3. — 1. 1. Von den letzteren mit Pollen desselben Individuums bestäubten Blüthen erhielt ich nur eine einzige und zwar schlechte Kapsel. —

Nach den Resultaten dieser Experimente sehen wir sehr deutlich,

1. dass die Blüthen von Corydalis cava, wenn man sie vor Insekten schützt — also der Selbstbestäubung überlässt und die Kreuzung hindert — keinen Samen tragen.

2. Sehr selten werden Früchte hervorgebracht, wenn die Blüthen einer und derselben Traube, also eines und desselben Individuums unter einander gekreuzt werden.

3. Nur bei der Kreuzung von Blüthen verschiedener Individuen unter einander werden fast in jedem Falle Kapseln mit guten Samen erzeugt. Es scheint hierbei kein Unterschied im Erfolge zu sein, ob die Kreuzung zwischen gleichfarbigen oder verschiedenfarbigen Individuen vorgenommen wird.

Hiernach erscheint Corydalis cava als einer der interessantesten Fälle, wo die Selbstbestäubung keinen Erfolg hat, obgleich die Pollenschläuche durch die Narbe bis in den Griffel vordringen. Die Hülfe der Insekten ist hier durchaus nothwendig, da unmöglich auf andere Weise eine Kreuzung der Individuen, etwa durch den Wind,

zuwege gebracht werden kann, dazu sind die Geschlechtstheile viel zu fest zwischen 2 Blüthenblättern eingeschlossen. Und in der That beobachtete ich die Bienen, wie sie mit grosser Lebhaftigkeit ihr Geschäft in den Blüthen verrichteten: Indem sie ihren Kopf in das obere, gespornte Blumenblatt steckten, um aus dessen Grunde den Honigsaft zu saugen, drückten sie so auf die beiden seitlichen Blüthenblätter, dass diese nachgeben und nunmehr die Narbe mit den Antheren frei hervorstand; hierbei bürstete der Hinterleib der Bienen mit seiner Unterseite an ihnen hin und her; wenn das Insekt fortflog, so sprangen die beiden Blüthenblätter wieder in die Höhe und bedeckten die Geschlechtstheile. In dieser Weise konnte die von Blüthe zu Blüthe fliegende Biene den Pollen einer Pflanze auf die Narben einer anderen leicht übertragen. Die Bienen reiben den Pollen so sehr aus den Antheren heraus, dass man denselben nicht mehr um den Narbenkopf angehäuft findet, wenn man eine schon einige Zeit geöffnete Blüthe im Freien beobachtet. — Auch Hummeln sah ich die Blüthen besuchen, aber sie steckten nie ihren Rüssel in die vordere Oeffnung der Blüthe, sondern bissen ein Loch in den Sporn, um auf diesem kürzeren Wege den Honigsaft zu saugen; in dieser Weise berührten sie natürlich nicht die Geschlechtstheile und trugen also nichts zur Befruchtung bei.

Auch bei Corydalis solida scheint die Kreuzung der Individuen nöthig zu sein, um Samen zu erzeugen, doch hatte ich nicht Gelegenheit, hinreichende Experimente in dieser Richtung anzustellen.

Doch nicht bei allen Corydalis-Arten ist die Hülfe der Insekten nöthig, indem an einer Pflanze von Corydalis ochroleuca, die in meinem Zimmer vor Insekten geschützt stand, sich einige, wenn auch nur wenige gute Kapseln bildeten. Aber auch hier spielen nach meinen direkten Beobachtungen die Insekten im Freien die Rolle, dass sie den Pollen von Blüthe zu Blüthe tragen: ich beobachtete eine Biene, welche die Blüthen von Corydalis ochroleuca besuchte; den Kopf in dieselben hineinsteckend, bog sie die Kappe der beiden inneren Blüthenblätter nach unten, wodurch die Geschlechtstheile gegen die Unterseite des Bienenkopfes gedrückt und bei dem Saugen der Biene gebürstet wurden; erst wenn diese den Kopf zurückzog, klappte die Säule der Geschlechtstheile gegen die Oberlippe der Blüthe, während die anderen Blüthentheile nach unten sich neigten. In dieser Weise kann Narbe und Anthere hier nur einmal von einem Insekt gebürstet werden, ein bedeutender Unterschied von dem Mechanismus in den Blüthen von Corydalis solida und cava; in Folge

hiervon kann man auch jeder Blüthe ansehen, ob sie von einem Insekte schon besucht ist. Die Biene flog zu mehreren Blüthen in gleicher Weise und brachte also den Pollen von der zuerst besuchten auf die Narbe der folgenden. — Wir haben hier ein Beispiel vor uns, dass auch in solchen Fällen, wo die Selbstbefruchtung möglich ist, die Insekten die Kreuzung bewerkstelligen können und dieses auch wirklich thun.

Was die Fumaria-Arten angeht, so sind diese, wenigstens F. officinalis und capreolata nicht auf Insekten durchaus angewiesen, sondern tragen auch, im Zimmer vor diesen geschützt, gute Samen. Von Fumaria capreolata ist noch die interessante Eigenthümlichkeit anzuführen, dass die Blüthenblätter bis zur Fruchtreife stehen bleiben und das Nüsschen in ihrer ursprünglichen Frische und Färbung einschliessen.

Ueber Bau und Entwickelung der Riccien.

Von

Dr. L. Kny.

(Mit Taf. XLIV—XLVI).

Die Familie der Riccieen fand in Micheli[1]) verhältnissmässig früh einen ausgezeichneten Bearbeiter. Seine Abgrenzung der Arten beruht auf so richtiger Beobachtung, dass spätere Forscher, selbst Linné nicht ausgenommen, nur zum Nachtheil für die Wissenschaft von ihr abgewichen sind. Mit Ausnahme der Riccia fluitans, welche er wegen Unkenntniss der Frucht mit Pellia epiphylla und den Arten von Aneura zur Gattung Marsilea vereinigte, hat Micheli alle übrigen ihm bekannten Formen mit Einschluss der Corsinia marchantoides und Oxymitra pyramidata zu seiner Riccia zusammengefasst, die beiden letzten Arten aber schon gemeinsam als besondere Ordnung innerhalb der Gattung abgetrennt. Auch der Bau und das Oeffnen der Frucht wurde von ihm schon richtig erkannt und die Bedeutung der stiftförmigen, reihenweise auf der Oberseite des Laubes stehenden Körperchen, welche er „filamenta sterilia apice destituta" nennt, wenigstens vermuthet. Die Archegonien waren ihm noch unbekannt.

Die Anschauungen über die anatomische Struktur des Laubes waren lange Zeit hindurch sehr schwankend und beruhten, wie es scheint, grossen Theiles mehr auf Vermuthung, als auf direkter Beobachtung. Schmidel[2]) deutet zuerst mit Bestimmtheit auf die rein zellige Beschaffenheit der Pflänzchen hin; auch erkannte er die Pa-

---

1) Nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita, 1729.

2) Icones plantarum et analyses partium etc. editio II. 1782.

pillen der Oberhaut und die aus der unteren Laubfläche, besonders aus deren Mitte, reichlich hervortretenden, unverzweigten Wurzelhaare schon richtig, verwechselt aber mit letzteren die Wimperhaare der R. ciliata. Ebenso beschreibt er neben dem männlichen Organe, das er indess nicht mit Sicherheit bis abwärts zur Antheridienhöhle verfolgt hat, auch die griffelartigen Archegonien und deren Auswachsen zur reifen Frucht. Kieser[1]) erklärt den Körper der Lebermoose für einen Filz aus Confervenfäden, welche sich nach Art der Hyphen im Pilzmycelium unter einander verflechten; zwischen ihnen sollen die Samenkörner eingebettet liegen. Während er folgerecht eine besondere Epidermis leugnet, spricht Treviranus[2]) dieselbe den Riccien zu und giebt an, dass sie die oberste, differente Lage auf dem aus mehreren Zellschichten bestehenden Pflanzenkörper bilde. Corda[3]) erkennt seinen Stromatopteriden (wozu Riccien und Corsinien gehören) Parenchymzellen zu, welche denen der höchstentwickelten Gewächse gleichen: „Ihr Inhalt ist ein körnerführender Saft, dessen Körner sich nach bestimmten Gesetzen bewegen. Die von den Parenchymzellen geschiedene Oberhaut besitzt wahre Spaltöffnungen." Ganz ebenso schlimm erging es den von Micheli und Schmidel schon richtig gedeuteten Fruktifikationsorganen, denen, meist nach Belieben, die verschiedensten Funktionen zuertheilt wurden.

Bischoff's ausgezeichnete Abhandlung (Bemerkungen über die Lebermoose, vorzüglich aus den Gruppen der Marchantieen und Riccieen. Acta Acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XVII. P. II. 1835) brachte zuerst Klarheit in das Chaos widersprechender Ansichten. Um sie nach ihrem Werth zu prüfen, unterwarf er die wichtigsten Gattungen unserer Familie und die meisten deutschen Arten von Riccia einer genauen Untersuchung und begleitete ihre Darstellung mit einer Reihe vorzüglich ausgeführter Abbildungen. Die Vergleichung der so gewonnenen Resultate mit dem für die übrigen Familien der Lebermoose durch Nees von Esenbeck bekannt Gewordenen setzte den gewissenhaften und scharfsinnigen Forscher in den Stand, die Funktionen der Fortpflanzungsorgane ausser Zweifel zu setzen und reformirende Vorschläge für eine Terminologie zu machen, welche Laub- und Lebermoose gleichmässig berücksichtigt[4]). Der

1) Grundzüge der Anatomie der Pflanzen, bei Lindenberg citirt.

2) Vermischte Schriften anatomischen und physiologischen Inhaltes. Bd. IV S. 61, bei Lindenberg citirt.

3) An verschiedenen Orten, von Lindenberg citirt.

4) Weniger glücklich, als im beschreibenden und terminologischen Theil seiner Ab-

Bischoff'schen Abhandlung folgte unmittelbar die Monographie von Lindenberg nach, eine sehr fleissige und verdienstvolle Arbeit, die sich aber naturgemäss vorwiegend systematische Aufgaben gestellt hatte und den Angaben Bischoff's über den Bau des Laubes, die Funktion der Antheridien und Archegonien und die Ausbildung der Frucht kaum etwas Neues hinzufügt.

Sieht man von der kurzen Darstellung ab, welche Hugo v. Mohl in seinem Aufsatz: „Ueber die Entwickelung und den Bau der Sporen der kryptogamischen Gewächse"[1]) den Zellbildungen in der reifenden Riccienfrucht widmet, so kann man sagen, dass für unsere ebenso, wie für die nächstverwandten Familien das Studium der Entwickelungsgeschichte erst mit den „Vergleichenden Untersuchungen" Hofmeister's beginnt. Die über ganz Deutschland auf Brachäckern verbreitete Riccia glauca L. lieferte ihm das Material, um das Hervorgehen der Laubachse aus der jungen Keimpflanze und die Gesetze ihrer Verzweigung, sowie die Ausbildung der Antheridien und Fruchtanlagen von ihren ersten Anfängen zu verfolgen. Die eigenthümlichen Anschauungen, welche Hofmeister aus der Untersuchung der laubigen Jungermannien, insbesondere von Pellia, über die Entwickelung der vegetativen Laubachse mitbrachte und, wie es scheint, ohne Weiteres auf Riccia und die Marchantieen übertrug, sind wohl hauptsächlich an der irrigen Darstellung schuld, welche er von ihr giebt. Auch bei Riccia soll jeder fertige Laubspross aus der Verschmelzung dreier Triebe entstanden sein, welche gemeinschaftlich in einem der beiden Einbuchtungen des Vorderrandes ihren Ursprung genommen hätten und dort durch wiederholte Theilungen je einer trapezoidischen Zelle entstanden seien. Jeder dieser Triebe hat zwar ein selbstständiges Wachsthum und eine selbstständige Vermehrung seiner Zellen am Vorderrande, doch verwachsen sie ihrer ganzen Länge nach so innig mit einander, dass am ausgebildeten Organ jede Spur einer inneren Sonderung des Gewebes verwischt wird. „Bald überholt das Wachsthum in die Länge, kurz darauf auch das in die Breite und Dicke, der seitlichen Triebe das des mittleren; dieser wird in Folge

handlung, ist Bischoff mit seinen Spekulationen über die morphologische Bedeutung der Fruktifikationsorgane und ihrer Hüllen. Er sucht die Lehre von der Metamorphose ohne Weiteres von den Blüthenpflanzen auf Laub- und Lebermoose zu übertragen und erklärt nicht nur das äussere und innere Involucrum, sondern auch die Wandungen der Antheridien, Archegonien und Sporangien aus Blattkreisen von bestimmter Zahl zusammengesetzt. Schon die Untersuchungen von Hofmeister haben das Irrthümliche dieser Ansicht an der Hand der Entwickelungsgeschichte dargethan.

1) Flora 1833 und Vermischte Schriften pag. 67 u. ff.

davon, von den ihm vorauseilenden und über und unter ihm sich zusammenwölbenden seitlichen Trieben dicht umschlossen, an die tiefste Stelle einer von den stärker in die Länge wachsenden seitlichen Trieben gebildeten engen Spalte gerückt. Bei der Vermehrung seiner Zellen in Richtung der Länge verschmilzt der Mitteltrieb mit den ziemlich allseitig ihn umhüllenden und weit ihn überragenden beiden seitlichen. Der aus der Vereinigung dreier in lebhafter Längsentwickelung begriffenen Zellmassen gebildete Spross verwächst mit seinen Seiten den ihn einschliessenden, vorgestreckten Seiten des Vorderrandes der Keimpflanze: zu einer Seite mit einem der flügelförmigen Seitentheile, zur anderen mit der einen Hälfte des Mitteltriebes, der inzwischen, mehr und mehr in die Breite sich streckend, eine völlig ausgerandete Gestalt angenommen hat. Bei weiterem Längenwachsthum treten die Sprossen zweiter Ordnung aus den beiden engen Spalten hervor, welche der Vorderrand des Keimpflänzchens zeigt und welche den Grenzen des Mittellappens des Vorderrandes und der Seitentheile desselben entsprechen [1])." Auf diese Weise vollzieht sich, nach Hofmeister, das Längenwachsthum und die Gabelung der Laubachse.

Wir werden im Folgenden sehen, dass die vegetative Entwickelung der Riccien in Wirklichkeit viel einfacheren Gesetzen folgt, welche sich den für Pellia in einer früheren Abhandlung [2]) von mir beschriebenen auf das engste anschliessen. Ebensowenig kann ich die Darstellung bestätigen, welche Hofmeister von den jüngsten Entwickelungszuständen der Antheridien und Archegonien giebt. Beide Organe sollen der Bildung schiefer, successive gegen einander geneigter Scheidewände innerhalb der über die Oberfläche des Laubes hervortretenden Mutterzellen ihre Entstehung verdanken und sich in ihren ersten Stadien so vollkommen gleichen, dass sie gar nicht von einander zu unterscheiden wären [3]). Nach meinen Beobachtungen ist die Art der Zelltheilungen für jedes der beiden Organe gleich nach Bildung der ersten Scheidewand in der Mutterzelle eine durchaus eigenthümliche und konstante, so dass ich über die Natur des Zellkörpers, welchen ich vor mir hatte, nie in Zweifel sein konnte.

Die mikroskopischen Untersuchungen, welche für die folgenden Zeilen das Material geliefert haben, wurden während eines halbjährigen Aufenthaltes in Meran im Winter 1865 zu 1866 angestellt.

1) Vergleichende Untersuchungen etc. p. 43 u. 44.

2) Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik IV. p. 90 u. ff.

3) Vergleichende Untersuchungen p. 45.

Zahlreiche gegen Süd und West exponirte granitische Felspartien boten Anfang Dezember auf dem aus der Verwitterung der Gesteinstrümmer hervorgegangenen spärlichen Erdreich eine unerschöpfliche Ausbeute an mehreren interessanten Arten. Am häufigsten, oft Flächen von mehr als einem Quadratfuss überziehend, fanden sich R. Bischoffii Hübn. und R. minima L.; zerstreuter, doch gleichfalls überall verbreitet, waren R. glauca L., R. sorocarpa Bisch. und R. ciliata Hoffm.; letztere in ihrer typischen Form mit ungefärbten Rändern und ihrer varietas violacea (von Milde als R. affinis unterschieden). Von allen diesen Arten habe ich zahlreiche Exemplare im Zimmer durch mehrere Monate kultivirt und beobachtet, für die Untersuchung aber frisches Material den durch gleichmässige Wärme und grössere Feuchtigkeit oft abnorm entwickelten Topfpflanzen vorgezogen. Für Oxymitra, welche mir in der nächsten Umgebung von Meran gleichfalls zu Gebote stand, sind meine Beobachtungen noch zu lückenhaft, so dass ich es vorziehe, sie bei der künftigen Darstellung lieber ganz auszuschliessen.

1. Entwickelung der vegetativen Laubachse.

Um die Zellbildungen der Scheitelregion von ihrem Ursprung in der keimenden Spore an verfolgen zu können, machte ich von mehreren Arten gleichzeitig Aussaatversuche. Leider gelang es mir ebensowenig, wie Hofmeister, junge Pflanzen zu erziehen, obgleich ich die Sporen auf demselben Erdreich, wo ihre Eltern freudig gediehen, gleichmässig warm und feucht erhielt. Als ich den Versuch abbrechen musste, zeigten weder Sporenhäute, noch Zellinhalt die geringste Veränderung.

Da mir auch keine im Freien aufgefundenen Keimpflanzen zu Gebot standen, musste ich die Frage nach den Gesetzen des Scheitelwachsthums an fertig gebildeten Laubachsen zu entscheiden suchen. Am besten eigneten sich zu dieser Untersuchung zarte Sprosse von R. minima oder die an verhältnissmässig feuchten Stellen in Menge aufrecht nebeneinander hervorwachsenden geilen Triebe von R. Bischoffii, nicht nur wegen ihrer grösseren Zartheit, sondern auch, weil dieselben weniger Fruktifikationsorgane in den jüngsten Theilen ihres Gewebes entwickeln, wodurch der regelmässige Verlauf der Zellreihen immer etwas gestört wird. Legt man sie einige Tage in absoluten Weingeist, bis das Chlorophyll möglichst vollständig durch Lösung entfernt ist, und kocht die abgetrennten Sprossenden in einer mässig concentrirten Lösung von Aetzkali einige Male schwach auf, so er-

kennt man, bei der Aufhellung des Inhaltes und dem Quellen der Membranen, mit voller Deutlichkeit, wie der jüngste Theil der Laubachse unmittelbar an der Einbuchtung des Scheitels aus einer grossen Zahl aneinanderschliessender zelliger Platten besteht, welche, von oben gesehen, natürlich als einfache Reihen erscheinen. Es ist nun klar, dass diese Reihen sich in einer der Längsachse des Laubes entsprechenden Linie in spitzem Winkel rückwärts schneiden müssten, wären sie aus einer einfachen Scheitelzelle hervorgegangen, welche sich durch Bildung schief geneigter, nach zwei entgegengesetzten Richtungen einander wechselweise aufgesetzter Scheidewände verjüngt (wie bei Metzgeria und Aneura). Verlaufen sie dagegen, wie es hier wirklich der Fall ist, in der Mitte des Laubes fast vollkommen parallel, bei nur geringem Zusammenneigen gegen den Scheitel hin, und zeigen sie nach beiden Seiten gegen die Ränder eine mehr fächerförmige Anordnung, dadurch hervorgerufen, dass je zwei in der Peripherie endigende Reihen sich nach abwärts wiederholt in eine einfache Reihe vereinigen und hierdurch ihren gemeinsamen Ursprung mit derselben verrathen, so liegt die Folgerung nahe, dass das Spitzenwachsthum von Riccia dem von Pellia analog ist (unbeschadet der wesentlichen Verschiedenheiten in der Theilung der terminalen Randzellen selbst); wir schliessen, dass es nicht durch eine einzige Scheitelzelle, sondern durch eine Reihe eng aneinanderschliessender und einander vollkommen gleichwerthiger terminaler Randzellen vermittelt wird.

Man kann sich leicht überzeugen, dass der Hauptheerd für die Neubildung von Zellgewebe in der That an der tiefsten Stelle des eingebuchteten Vorderrandes liegt. Der Gehalt an körnigem Protoplasma ist hier am grössten und nimmt nach beiden Seiten hin sichtlich ab, während an den über die Scheitelregion sich zusammenwölbenden Seitenflügeln des Sprosses, welche Hofmeister für Triebe mit selbstständigem Wachsthum hält, die Chlorophyllkörper in den Zellen überall schon vollkommen ausgebildet sind. Die terminalen Randzellen und die ihnen zunächstliegenden anderen Theilungszellen enthalten in ihrem trüben Plasma ausserdem noch eine stark lichtbrechende Vacuole (Zellkern?), die indess nur auf verticalen Längsschnitten deutlich erkennbar ist.

Von der Fläche des Laubes gesehen, stellen die terminalen Randzellen ein längliches Trapez dar. Die beiden gleich grossen Seitenwände sind ebenso, wie der verbreiterte Grund, allseitig von Gewebe umschlossen; die freie Aussenwand ist häufig bis auf ein Minimum

von Breite reduzirt. Auf verticalen Schnitten durch die Mitte des Laubes (Taf. XLIV, Fig. 1; Taf. XLV, Fig. 1 u. 6; Taf. XLVI, Fig. 1) zeigen sie eine hiervon sehr abweichende Gestalt. Nach vorn sind sie von dem Segmente eines kreisförmigen oder elliptischen Bogens abgeschlossen, während sie rückwärts von zwei ebenen oder nur äusserst schwach gekrümmten Wänden begrenzt werden, deren eine der Laubausbreitung parallel und deren andere derselben nahezu senkrecht aufgesetzt ist. Im Ganzen kommt die Form des Durchschnittes der eines Kreisquadranten am nächsten. Hat die fortbildungsfähige terminale Randzelle nach Entstehung ihrer jüngsten, etwa der horizontalen Wand wieder die volle Grösse ihrer Mutterzelle erreicht, so bildet sich eine dieser senkrecht aufgesetzte und zur vertikalen Begrenzungsfläche parallele Scheidewand, welche eine terminale Randzelle des nächst höheren Grades von einer Aussenzelle des ersten Grades abtrennt ($M^n = M^{n+1} + {}_nE^1$). Die nächste Scheidewand bildet sich im entgegengesetzten Sinne, d. h. in horizontaler Richtung, aus und ist der letzt entstandenen rechtwinklig aufgesetzt; die dritte ist der ersten, die vierte der zweiten analog gestellt u. s. f. Indem die terminalen Randzellen sich auf diese Weise immer neu verjüngen, behalten sie gleichwohl ihre ursprüngliche Grundgestalt fortdauernd bei. Von den beiden Reihen der abgegliederten Aussenzellen bildet die eine die obere, die andere die untere Begrenzung der jungen Laubachse.

Die Theilungen nach obiger Formel werden nur selten durch einen anderen Modus unterbrochen, welcher bestimmt ist, die Zahl der am Grunde der Einbuchtung nebeneinanderliegenden Randzellen zu vergrössern und den Verlust zu ersetzen, welche dieselben durch Ausscheidung ihrer äusseren Elemente zur Bildung der beiden Seitenränder erfahren. Es tritt in diesem Falle in einer vorher nach Richtung der Breite vergrösserten terminalen Randzelle eine zu den beiden Seitenwänden parallele und zwischen ihnen verlaufende Scheidewand auf, welche zwei vollkommen gleichwerthige terminale Randzellen der nächsten Generation von einander abtrennt. Dieser Vorgang findet seinen Ausdruck in der Formel: ${}^nM = {}^{n+1}M + {}^{n+1}M$.

Den je oberen und unteren aus den schiefen Theilungen am Scheitel hervorgegangenen Aussenzellen des ersten Grades fällt ein wesentlich verschiedener Antheil beim Aufbau der Laubachse zu. Die Entwickelung beider ist nur insoweit noch gleichförmig, als sie durch eine zu ihrer Längsachse senkrechte Wand in eine erste Innenzelle und eine Aussenzelle des zweiten Grades zerfallen ($E^1 = {}_1J + E^2$).

Auf der oberen Seite des Laubes wiederholt sich der analoge Theilungsprocess in rascher Folge mehrmals nacheinander; und indem hierzu Verdoppelungen der jüngst gebildeten Innenzellen in demselben Sinne kommen, hält die Verdickung der Laubachse mit ihrem Längen- und Breitenwachsthum gleichen Schritt und eilt ihrem Abschluss rasch entgegen. Alle Gewebselemente, welche aus der Theilung einer oberen Aussenzelle ersten Grades hervorgegangen sind, verrathen auch später noch im ausgebildeten Laube ihre Zusammengehörigkeit durch eine regelmässig reihenförmige Anordnung. Die Deutlichkeit derselben wird dadurch noch erhöht, dass sich entweder alle Zellen oder der grössere, obere Theil einer Reihe häufig in gleicher Weise und zu derselben Zeit durch vertikale, entweder in der Richtung der Längsachse des Laubes oder vertikal zu derselben gestellte Wände in zwei Hälften scheiden (Taf. XLIV, Fig. 1; Taf. XLV, Fig. 1). Die zu unterst gelegenen Innenzellen, welche in der Häufigkeit aller Theilungsarten hinter ihren jüngeren Nachbarinnen zurückstehen, strecken sich dafür um so bedeutender in die Länge. Sie sind durch den Mangel des Chlorophylls und einen ziemlich bedeutenden Gehalt an Stärkemehl ausgezeichnet und bilden eine Art basilären und axilen Prosenchymbündels. An der Zusammensetzung desselben betheiligen sich ausserdem noch alle Gewebezellen, welche sich aus dem Grunde der von den terminalen Randzellen abgeschiedenen unteren Aussenzellen des ersten Grades gebildet haben.

Sobald bei letzteren ihre erste Theilung (nach der Formel $E^1 = {}_1J + E^2$) beendet ist, sieht man die jungen Aussenzellen des zweiten Grades, mit den ihnen correspondirenden Zellen der benachbarten Reihen eng verwachsen, sich unter der Scheitelspitze hervorwölben (Taf. XLIV, Fig. 1; Taf. XLV, Fig. 1). Schon jetzt eilen sie der Längsentwickelung der terminalen Randzellen voran. Indem sich mehrere Theilungen im Sinne der letzten rasch nacheinander und in allen benachbarten Zellreihen gleichmässig wiederholen, entsteht eine blattartige, aus einer einfachen Zellschicht gebildete Lamelle mit breiter, sanft gegen den Scheitel gekrümmter Basis; ein für alle von mir untersuchten Arten der Gattung Riccia charakteristisches Organ. Da jede untere Aussenzelle des ersten Grades zusammen mit ihren Nachbarinnen eine solche Lamelle produzirt, so stehen dieselben dicht unterhalb des Scheitels natürlich sehr gedrängt. Jede ältere Blattschuppe bedeckt die nächst jüngere nicht nur vollkommen, sondern tritt selbst um Einiges über sie hervor, was indess nicht allein durch rasche Theilungen, sondern auch durch die Längsstreckung der gebildeten

Zellen erreicht wird. Das Bildungsgewebe der am Boden fortwachsenden Laubtriebe wird auf diese Weise am Vorderrande und gegen das Substrat hin verschleiert. Wahrscheinlich ist die zwischen den Lamellen reichlich ausgeschiedene Luft wegen ihres geringen Wärmeleitungsvermögens dazu bestimmt, die schädlichen Wirkungen der grossen Temperaturextreme abzuschwächen, welchen die Pflänzchen im Winter, ihrer Hauptvegetationszeit, ausgesetzt sind. Wären sie an ihren exponirten Standorten den schnell wechselnden Einflüssen des Frostes und der Besonnung schutzlos preisgegeben, so würden sie die oberirdischen Theile höherer Pflanzen, welche dem Frost meist schon im Spätherbst zum Opfer fallen, schwerlich überdauern.

Die Blattschuppe hat schon in geringer Entfernung vom Scheitel ihre volle Ausbildung erreicht, wo der Hauptkörper der Laubachse noch in lebhaftem Wachsthum nach allen 3 Richtungen begriffen ist. Da sie der starken Ausdehnung des parenchymatischen Gewebes in die Breite nicht zu folgen vermag, tritt, vom Vorderrande beginnend, eine Zerreissung in zwei Hälften ein, welche sich später noch um ein Geringes von einander entfernen. Die letzten Reste der ursprünglich einfachen Lamelle auf der Mitte der unteren Laubfläche werden durch die hier bald in grosser Zahl hervortretenden Wurzelhaare zerstört, so dass der Zusammenhang zwischen beiden correspondirenden Theilen gänzlich aufgehoben wird. Bei R. Bischoffii, weniger auffallend bei R. glauca, R. ciliata und R. sorocarpa, entfernen sich in Folge der intercalaren Theilungen in der Laubachse und der bedeutenden Längsstreckung ihrer centralen Gewebszellen die ursprünglich sich deckenden Blattschuppenpaare beträchtlich von einander, ehe sie durch Vertrocknen ihrer Zellen unkenntlich werden und zu Grunde gehen. Bei R. minima, der kleinsten unserer Arten, bleiben sie consistenter und färben sich, entweder schon dicht unterhalb des Scheitels oder erst weiter abwärts, dunkelviolett. Da sich die Laubsegmente hier weniger durch intercalare Theilungen in die Länge strecken, als bei den vier eben erwähnten Arten, decken sich die Lamellenpaare bis weit nach abwärts schuppenartig und heben sich in doppelter, symmetrisch gezahnter Linie von der grünen Unterseite des Laubes scharf ab. Sie allein ertheilen ihr die für die Art charakteristische Färbung [1]).

1) Nach der eben gegebenen Darstellung ist die Auffassung Hofmeister's (Vergleichende Untersuchungen pag. 45) und früherer Beobachter zu berichtigen, wonach die Riccien zwei Reihen schief angehefteter, mit einander regelmässig alternirender Blätter besitzen sollen.



Noch erfordert das Breitenwachsthum des Laubes und die Bildung des freien Aussenrandes eine kurze Erwähnung. Wir sahen die terminalen Randzellen durch Auftreten vertikaler Längswände sich von Zeit zu Zeit an Zahl vermehren. Da die Scheitelregion als solche hierdurch nicht an Breitenausdehnung zuzunehmen bestimmt ist, treten die auf den Seiten zu äusserst liegenden terminalen Randzellen aus der Reihe des Bildungsgewebes allmählich aus. Zunächst hören die charakteristischen Theilungen durch schiefe Wände auf. Bei R. Bischoffii bildet sich hier und da noch vereinzelt eine vertikale Längswand. Die letztgebildeten Randzellen wachsen zum grösseren Theil zu den der Art eigenthümlichen Haaren aus, welche sich zuvörderst in Nichts von den Papillen der oberen Laubfläche unterscheiden und erst später über dieselben hinaus verlängern und zuspitzen. Demnächst stellen die Aussenzellen der verschiedenen Grade, welche der aus dem axilen Theil des Laubes ausgetretenen Reihe, oder richtiger Längsplatte, angehören, ihre Theilungen in Richtung der Dicke ein; doch treten noch vertikale Wände in ihnen auf, wodurch die Reihen sowohl verlängert als verdoppelt werden. Es ist klar, dass bei dem zuletzt fast ausschliesslichen Vorkommen dieser Theilungsarten die fächerförmige Anordnung an Deutlichkeit zunehmen muss.

Besonders schön zeigt sich der regelmässige Bau des Gewebes auch auf vertikalen Querschnitten durch die entweder noch in der Entwickelung begriffene oder schon ausgebildete Laubachse, wenn auch für jeden Fall in eigenthümlicher Weise. In letzterer lassen sich vier mehr oder weniger deutlich begrenzte Zonen unterscheiden. Den flach gewölbten Grund nimmt eine oder nur wenige Zellschichten eines lockeren, dünnwandigen Parenchyms ein, durch den Mangel von Stärke und Chlorophyll ausgezeichnet. Aus ihm nehmen die blattartigen Lamellen und die Wurzelhaare ihren Ursprung. Hierauf folgt dann zunächst der centrale Strang prosenchymatisch in die Länge gestreckter Zellen, die auf dem Querschnitt ziemlich gleiche Ausdehnung nach allen Richtungen zeigen und, ausser durch ihr grösseres Lumen, durch den reichen Gehalt an Stärkemehl und das vollständige Fehlen des Chlorophylls kenntlich sind. Auf die weitmaschigen Prosenchymzellen, welche sich dem centralen Bündel von Pellia, Metzgeria und Aneura vergleichen lassen, folgt, deutlich aus ihnen entspringend, ein chlorophyllhaltiges Gewebe mit reihenförmiger Anordnung seiner Elemente. Dasselbe beschränkt sich nicht nur auf den axilen Theil der Pflanze; es setzt auch die verdünnten Seitenränder fast ausschliesslich zusammen. Von dem amylonhaltigen Ge-

webe steigen die Zellreihen in der Mitte ziemlich parallel, gegen die Ränder in leicht geschwungenem Bogen, aufwärts, um in den mit wasserhellem Inhalt erfüllten Papillen zu endigen, welche die letzte Schicht, die Epidermis, zusammensetzen. Trifft der Querschnitt die jüngeren Gewebspartien, so sieht man die benachbarten Zellreihen noch eng aneinander schliessen. Später trennen sie sich mehr und mehr von einander, die Membranen runden sich an den früheren Berührungsflächen gegen einander ab und die hierdurch entstehenden engen Intercellulargänge füllen sich mit Luft.

Das über R. Bischoffii Gesagte gilt, soweit es die allgemeinen Züge des Entwickelungsganges und der Anatomie der fertig gebildeten Laubachse betrifft, fast in gleicher Weise von den übrigen vier untersuchten Arten. Bei R. fluitans, besonders bei ihrer typischen, auf der Oberfläche stehender Gewässer schwimmenden Form, erweitern sich die luftführenden Räume des Parenchyms zu grossen, allseitig geschlossenen Kammern, welche nur durch einfache Zellschichten von einander getrennt sind. Soweit ich durch vorübergehende Beobachtung feststellen konnte, entstehen die Lufträume nicht durch eine stellenweise Resorption des fertig gebildeten Gewebes, sondern durch frühzeitiges Auseinanderweichen der ursprünglich eng zusammenschliessenden aufrechten Zellreihen verbunden mit lebhaften Theilungen innerhalb derselben senkrecht zu einer bestimmten Ebene und einer entsprechenden Vergrösserung der Epidermis. Wahrscheinlich verdanken die Internodien dieser unverhältnissmässig gesteigerten Flächenentwickelung des Gewebes ihre grosse, für die Riccien sonst ungewöhnliche Längsdehnung.

Die oberste Zellschicht, welche ich als Epidermis unterschieden habe, zeigt bei den einzelnen Arten nur geringe Abweichungen. Ihre Elemente erfüllen sich, sobald die Theilungen beendet sind, mit wasserhellem Inhalt, vergrössern sich oft nicht unbeträchtlich und nehmen die Form stumpf cylindrischer oder geschweift kegelförmiger Papillen an. Am deutlichsten für das unbewaffnete Auge sind dieselben bei R. Bischoffii erkennbar, wo sie sich auch länger, als bei den übrigen Arten erhalten und bei auffallendem Licht dem Laube einen lebhaften Seidenglanz verleihen. Am schnellsten sah ich sie bei R. sorocarpa durch Eintrocknen zu Grunde gehen. Die Laubsprosse zeigen deshalb bei ihr und der nahe verwandten R. minima schon in der Jugend eine eigenthümlich matte Färbung, welche bei erstgenannter Art noch dadurch erhöht wird, dass hier auch einige wenige Schichten unterhalb der Epidermis des Chlorophylls entbehren.

Die Haare von R. Bischoffii, deren schon oben Erwähnung geschah, besitzen eine zarte Membran und wasserhellen Inhalt, und sind daher nichts weiter, als verlängerte Papillen. An den meisten Sprossenden stehen sie nur in einfacher Reihe um den zugeschärften Rand und neigen sich am Vorderrande gegen die Einbuchtung des Scheitels zusammen; doch finden sich an besonders kräftigen Exemplaren auch vereinzelte Haare auf der Oberhaut rechts und links von der Mittelfurche. Bei R. ciliata sind sie ziemlich abweichend gestaltet und treten immer in mehrfachen Reihen über einander am wulstig polsterförmigen Seitenrande auf. Sie nehmen hier ihren Ursprung aus einem Längsgürtel vergrösserter Epidermiszellen mit derben, geschichteten Membranen, denselben, welche dem freien Aussenrande bei der varietas colorata (= R. affinis Milde) die deutlich violette Färbung verleihen. Aus blasig erweitertem Grunde verschmälern sich die Wimperhaare ganz allmählich und spitzen sich pfriemenförmig zu. Ihre Haupteigenthümlichkeit besteht in der einseitigen Verdickung der Membran, deren beide Regionen sich scharf gegen einander abgrenzen. An eingetrockneten Pflänzchen kann dieser merkwürdige Bau leicht Täuschungen veranlassen, da es den Anschein gewährt, als ob der zart gebliebene Theil der Zellhaut einer rinnenförmigen Vertiefung entspreche. Behandelt man die Wimperhaare mit Kalilauge, so kann man sich indess leicht durch Beobachtung der Quellungserscheinungen von der wahren Struktur der Membran überzeugen.

Ueber die Wurzelhaare lässt sich kaum etwas sagen, was den Riccien eigenthümlich wäre. Sie treten aus der unteren Laubfläche, besonders zahlreich zu beiden Seiten der idealen Längsachse, hervor und wachsen mit ihrem schwach keulig aufgetriebenen Vorderende in die Länge, das sich von den älteren Partieen ausser dem trüben plasmareichen Inhalt mit Zellkern auch durch eine stärker verdickte Membran auszeichnet. Verzweigung der Wurzelhaare habe ich nie beobachtet. Die zapfenförmigen Verdickungen, welche von der Innenseite der Membran ausgehen und bisweilen den vierten Theil des Lumendurchmessers erreichen, treten erst ziemlich weit über der herabwachsenden Spitze und auch hier nicht immer auf.

Die Verzweigung der Laubachse tritt gewöhnlich schon dann von Neuem ein, wenn die jüngst gebildeten Internodien sich noch kaum zu strecken begonnen haben. Sie hat ebenso, wie bei Pellia, den Charakter einer e c h t e n G a b e l u n g. Den ersten Schritt bildet

eine stärkere Vermehrung der terminalen Randzellen in Richtung der Breite. In jeder der beiden nebeneinanderliegenden Partieen setzt sich fortan die Zellbildung selbstständig fort, was äusserlich dadurch erkennbar wird, dass Randzellen mit begrenztem Spitzenwachsthum nicht nur nach den beiden Seitenrändern, sondern auch gegen das frühere Centrum hin austreten und hier die Bildung eines Mittellappens veranlassen. Dieser vereinigt die Anfänge der einander zugekehrten Seitenränder beider Tochtersprosse und überragt sehr bald die jungen Scheitelregionen. Später, wenn sein ältester, mittlerer Theil die Breitenausdehnung der beiden Seitenflügel erreicht hat, beginnt der Mittellappen sich am Vorderrande auszubuchten; und hiermit wird die Verzweigung des Laubsegmentes auch für das unbewaffnete Auge deutlich erkennbar. Die beiden Tochtersprosse, welche ihrer Entstehung nach einander vollkommen gleichwerthig sind, halten auch in ihrer weiteren Ausbildung meist gleichen Schritt mit einander. Durch öftere Wiederholung der dichotomischen Verzweigung in derselben Vegetationsperiode werden die sternförmigen Colonien gebildet, welche bei manchen Arten (R. ciliata, sorocarpa etc.) häufig in regelmässigster Ausbildung vorkommen.

2. Entwickelung der Reproduktionsorgane.

Da Hofmeister ausdrücklich bemerkt, dass Antheridien und Archegonien in ihren frühesten Zuständen nicht von einander zu unterscheiden seien, verfolgte ich, um allen Verwechselungen von vornherein zu entgehen, ihre Entwickelung zunächst möglichst vollständig bei der zweihäusigen R. Bischoffii, von der mir besonders viel Material zu Gebote stand. Erst später ging ich an die vergleichende Untersuchung der übrigen, durchweg monoecischen Arten und fand Alles mit den zuerst gewonnenen Resultaten bis auf wenige Punkte so übereinstimmend, dass ich mich bei der folgenden Darstellung hauptsächlich an R. Bischoffii halten und einzelne Abweichungen bei den übrigen Arten nur gelegentlich erwähnen werde.

Die jüngsten Antheridienanlagen treten schon unmittelbar über der Scheitelregion auf, wo die Laubachse noch im lebhaftesten Wachsthume nach allen drei Richtungen begriffen ist. Eine der jungen Aussenzellen, vorher in Nichts von ihren Nachbarzellen unterschieden, stellt fürs Erste alle weiteren Theilungen ein, vergrössert sich dafür um das Mehrfache und nimmt eine deutlich ovale Form an

(Taf. XLIV, Fig. 2; Taf. XLV, Fig. 2). Die 6 bis 8 in einem geschlossenen Kreis sie umgebenden Aussenzellen folgen nicht nur ihrer Dehnung in die Länge, sondern überholen sie durch wiederholte Bildung horizontaler Wände sehr bald beträchtlich und schliessen sich unter Freilassung einer engen Oeffnung über ihr zusammen (Taf. XLV, Fig. 2 u. 7; Taf. XLIV, Fig. 3). Während die grosse eiförmige Zelle zum Antheridium wird, stellen die sie umschliessenden kurzen Reihen das erste Rudiment seiner Hülle und des für die meisten Riccia-Arten charakteristischen stiftförmigen Ausführungskanales dar.

Die ersten Theilungen in der vergrösserten Antheridium-Mutterzelle erfolgen stets durch Wände, welche auf ihrer Längsachse senkrecht stehen und mit der freien Oberseite des Laubes parallel verlaufen (Taf. XLV, Fig. 2 u. 7; Taf. XLIV, Fig. 3). Jedenfalls entstehen dieselben in kürzester Frist nacheinander, da auf der überwiegenden Mehrzahl der Schnitte, welche die jüngsten Entwickelungszustände des Antheridiums getroffen hatten, die Mutterzelle immer schon in 4 bis 6 übereinanderliegende Theilzellen gesondert war. In diesen beginnt die weitere Entwickelung, wie es scheint, ziemlich gleichzeitig. Es treten in allen Gliedern vertikale Scheidewände nach verschiedenen Richtungen auf, deren Verlauf keinerlei Regelmässigkeit mehr erkennen lässt (Taf. XLIV, Fig. 3). Wahrscheinlich zerfällt jedes Cylindersegment zuerst in zwei symmetrische Hälften und jede der letzteren wieder in zwei gleiche Theile. Die vier Theilzellen würden dann nach Art von Kreisquadranten gruppirt sein. Da es indess nicht wohl möglich ist, den zartwandigen Zellkörper eines jungen Antheridiums aus seiner Umhüllung zu lösen, und die Betrachtung von Durchschnitten hier nicht genügt, wird es überaus schwierig, zu entscheiden, ob bei der weiteren Entwickelung des Organes die Zelltheilungen mit gleich strenger Gesetzmässigkeit vor sich gehen, wie am Beginn. Nur soviel ist gewiss, dass auch künftighin horizontale und vertikale Scheidewände mit einander wechseln und dass die äusserste peripherische Zellschicht in Raschheit der Theilungen hinter dem inneren Kern entschieden zurückbleibt (Taf. XLVI, Fig. 2 u. 3). Es bildet sich so eine allseitig geschlossene Hülle, welche nicht nur durch die Grösse und Form der Zellen, sondern auch durch ihren weniger protoplasmareichen Inhalt von dem umschlossenen Körper absticht. Bei R. Bischoffii gelang es mir nicht, die Antheridienhülle bestimmt nachzuweisen; um so deutlicher war sie dafür bei allen Präparaten von R. sorocarpa zu sehen (Taf. XLVI, Fig. 2 u. 3).

Die Theilungen im Körper des Antheridiums eilen ihrem Abschluss rasch entgegen. Derselbe besteht kurz vor der Reife aus einem ovalen oder birnförmigen Agglomerat von tesseralen Zellen, deren noch deutlich erkennbare reihenförmige Anordnung auf ihre Entstehung in gemeinschaftlichen horizontalgestreckten Mutterzellen einen Rückschluss erlaubt (Taf. XLV, Fig. 8). Die bei den meisten Arten früher schon schwer nachweisbare Hülle ist jetzt auch bei R. sorocarpa unkenntlich geworden. Ob ihre Zellen vollkommen resorbirt oder nur durch Dehnung des Kernes auf ein Minimum zusammengedrückt worden sind, konnte ich nicht entscheiden. Jede der zuletzt entstandenen tesseralen Zellen wird zur Mutterzelle eines Spermatozoids. Um die Entstehung und den Bau desselben mit Rücksicht auf die von Schacht in seiner letzten Schrift (Die Spermatozoiden im Pflanzenreich, Braunschweig 1864) dargestellten Beobachtungen zu verfolgen, erwies sich mein Instrument leider als unzureichend. Doch konnte ich ihre taumelnde Bewegung bei R. Bischoffii, wo sie gemeinschaftlich in einem weisslichen Schleimtropfen aus dem Ausführungskanal hervortreten, deutlich sehen.

Die Ausbildung des parenchymatischen Zellgewebes der Laubachse, welches die jungen Antheridien umschliesst, hält mit ihrer Entwickelung gleichen Schritt. Immer bleibt die peripherische Hülle den ihr benachbarten Zellen eng angeschmiegt, ohne dass je eine Verwachsung eintritt. Bei R. Bischoffii beginnen die kurzen Zellreihen, welche eng aneinanderschliessend zu 6 bis 8 den Ausführungskanal umgeben, sich bald durch Hinzukommen einiger weiterer Theilungen in die Länge zu dehnen. Kurz bevor das Antheridium vollkommen gereift ist, tritt in den Zellen letzten Grades ausserdem noch eine bedeutende Streckung ein, so dass der Stift oft bis 1 Millimeter Länge erreicht (Taf. XLIV, Fig. 4). Nachdem sich die Spermatozoiden sammt den Auflösungsprodukten ihrer Mutterzellen in einem grossen, milchweissen Schleimtropfen entleert haben, werden die Stifte durch eine dunkel karminrothe Färbung ihrer Zellmembranen auch für das unbewaffnete Auge sehr deutlich erkennbar. Man sieht, dass dieselben im axilen, verdickten Theil des Laubes in grosser Zahl unmittelbar hinter- und nebeneinander auftreten und sich meist in 1, 2, 3 selbst 4 parallel nebeneinander verlaufenden Reihen anordnen, häufig aber auch ziemlich regellos über den mittleren Theil der Oberseite zerstreut sind.

So weit, wie bei R. Bischoffii, treten die Antheridienstifte bei

keiner anderen der untersuchten Arten hervor. Bei R. sorocarpa und R. ciliata (Taf. XLV, Fig. 3) überragen sie die Papillen der oberen Laubfläche selbst nach der Reife und Entleerung des männlichen Organes nur wenig, und bei R. minima (Taf. XLV, Fig. 8) ist der Ausführungskanal überhaupt nur von gewöhnlichen, in Papillen ausgehenden Zellreihen umgeben, welche sich in Nichts von denen der übrigen Laubachse unterscheiden. Doch ist der Kranz von Papillen, welcher die Oeffnung umschliesst, durch Gestalt und Anordnung seiner Theile von den benachbarten Partieen der Epidermis ausgezeichnet.

Die Entwickelung der Archegonien weicht von dem eben beschriebenen Bildungsgange der Antheridien in wesentlichen Punkten ab. Es lassen sich deshalb beide Organe selbst in ihren frühesten Anfängen mit Sicherheit von einander unterscheiden. Dicht über dem Scheitel, wo die Laubachse ihre Zelltheilungen zur Vermittelung des Dickenwachsthums erst zum kleinsten Theil beendet hat, wölbt sich eine der jüngsten Aussenzellen über ihre Nachbarinnen bedeutend hervor (Taf. XLVI, Fig. 4) und gliedert ihren freien kugeligen Theil von dem allseitig von Gewebe umschlossenen Grunde ab (Taf. XLIV, Fig. 5). Die Scheidewand wird gewöhnlich genau in der Höhe der oberen Laubfläche angelegt. Während die Basalzelle zunächst ungetheilt bleibt, bilden sich in der ihr aufsitzenden kugeligen Zelle nach einander mehrere vertikale und excentrische Scheidewände. Die erste derselben entsteht regelmässig auf derjenigen Seite des jungen Organes, welche dem Grunde des Laubes zugekehrt ist; die zweite steht ihr genau gegenüber (Taf. XLV, Fig. 1 u. 9; Taf. XLIV, Fig. 6). In der platten, mittleren, von einer kreisförmig gebogenen Aussenwand umgrenzten Zelle, welcher sich zu beiden Seiten Kugelsegmente anschliessen, wiederholt sich die Bildung zweier ähnlich sich gegenüberstehender, aber den letzten rechtwinklig aufgesetzter Scheidewände (Taf. XLV, Fig. 10). Findet die Bildung von Längswänden hiermit ihren Abschluss, so wird der obere Theil des jungen Archegoniums aus einer centralen und vier um dieselbe geordneten peripherischen Zellen zusammengesetzt. In ersterer gliedert sich hierauf der obere Theil, welcher sich schon deutlich hervorgewölbt hat, von der unteren Hälfte als kappenförmige Deckzelle ab (Taf. XLV, Fig. 10); und hiermit ist die Anlage des Archegoniums in allen seinen Theilen vollendet. Die Basalzelle stellt mit den ihr aufgesetzten vier peripherischen Zellen die Hülle für die centrale Keimzelle dar, welche

erst dann sich abzurunden beginnt, wenn durch Längsstreckung der peripherischen Zellen und durch in denselben vollzogene Quertheilungen die kappenförmige Deckzelle von ihr abgehoben wird. Letztere zerfällt hierauf durch successive entstehende vertikale Wände in vier nach Art von Kreisquadranten geordnete Zellen, welche mit denen des jungen Archegoniumhalses alterniren. Nachdem diese durch Bildung von Querwänden zu kurzen Reihen geworden sind, treten in der einen oder anderen von ihnen mitunter auch durchgehende Längstheilungen auf, wodurch ihre Zahl am Archegoniumhalse bis auf 6 oder 7 vermehrt wird (Taf. XLIV, Fig. 9 u. 10; Taf. XLV, Fig. 5). Bei R. sorocarpa ist schon in der jüngsten Anlage eine entsprechende Anzahl von peripherischen Zellen um die centrale Zelle versammelt (Taf. XLVI, Fig. 5 u. 6).

In der weiteren Ausbildung eilt der Halstheil des Archegoniums seinem Grunde zuvörderst voran. Der obere Theil ragt schon beträchtlich über die Laubfläche hervor, während sein Ausführungskanal noch von den vier verwachsenen Deckzellen abgeschlossen wird (Taf. XLIV, Fig. 7 u. 8; Taf. XLV, Fig. 1 u. 4; Taf. XLVI, Fig. 7 u. 8). Der allseitig vom Gewebe umschlossene Bauchtheil mit dem Rudiment der Keimzelle ist zuerst bedeutend schmäler, als der frei hervorragende und in seiner Entwickelung unbehinderte Hals. Bald aber vergrössert sich die eiförmige Keimzelle und gleichzeitig erweitert sich der Archegoniumbauch, indem seine Zellen durch zahlreiche zur kugelförmigen Begrenzungsfläche des Organs senkrechte Wände vermehrt werden. Er bleibt dadurch seiner ganzen Erstreckung nach eine einfache Zellschicht, welche sich nur am Grunde durch Theilungen in der früheren Basalzelle verdoppelt oder verdreifacht (Taf. XLVI, Fig. 9); seltener tritt schon jetzt auch an der Uebergangsstelle des Achegoniumbauches in den Hals eine Verdoppelung der die Höhlung nach oben abschliessenden Zellen ein (Taf. XLVI, Fig. 11).

Durch vollkommene Ausbildung in allen seinen Theilen hat das Archegonium nunmehr seine eigenthümlich flaschenförmige Gestalt erhalten. Während es aber früher zum grösseren Theil über die Oberfläche der Laubachse hervorragte, ist es jetzt fast vollständig von ihrem Parenchym umschlossen (Taf. XLVI, Fig. 9). Dieses hat inzwischen sein Dickenwachsthum fast beendet. Das Zellgewebe des Laubes schmiegt sich dem Archegonium nicht ebenso unmittelbar an, wie der Antheridienhülle; es bildet vielmehr eine weite Höhlung, in deren Grunde das weibliche Organ sich erhebt. Für den Austritt des flaschenförmigen Halses bleibt nur eine enge Oeffnung frei.

Ziemlich gleichzeitig mit der Ausbildung der Keimzelle trennen sich die bisher fest zusammenschliessenden Deckzellen des Archegoniumhalses nach beträchtlicher Vergrösserung von einander und bilden einen narbenartigen Kranz um die Oeffnung des Kanales (Taf. XLVI, Fig. 9 u. 10). Um diese Zeit, wo sich das weibliche Organ für die Empfängniss vorbereitet, scheint die zarte Membran der Keimzelle wenigstens an ihrem Scheitel resorbirt zu sein. Nie ist es mir geglückt, dieselbe nachzuweisen; an mehreren Präparaten von R. sorocarpa habe ich vielmehr deutlich beobachtet, wie sich die in der Bauchhöhle verbreitete Protoplasmamasse nach Anwendung kontrahirender Mittel bis in den unteren Theil des Archegoniumhalses hineinzog. Das nächste Stadium zeigte mir das in der Mitte der Höhlung suspendirte und mit einem deutlichen Zellkern versehene Protoplasmakügelchen allseitig von einer zarten, aber doppelt contourirten Membran umschlossen (Taf. XLVI, Fig. 11). Jedenfalls hatte ich hier das Keimbläschen vor mir, welches durch eingedrungene Spermatozoiden zu weiterer Entwickelung angeregt war.

Ueber die Theilungen im befruchteten Keimbläschen und seine Entwickelung zur Sporenfrucht sind meine Beobachtungen leider durchaus lückenhaft. Die Zellmembranen des jugendlichen Fruchtkörpers sind so überaus zart und ihr körniger Inhalt so trübe und dickflüssig, dass es mir nicht gelingen wollte, von dem Entwickelungsgange des Sporangiums eine klare Anschauung zu erlangen. Auch das sonst überall bewährte Mittel, durch verdünnte Kalilösung die zarten Membranen quellen zu lassen und nach Aussürfen des Präparates den körnigen Inhalt der Zellen durch Zusatz von Salzsäure oder Essigsäure zu kontrahiren und zu bräunen, blieb hier ohne Erfolg. Wo der Verlauf der Zellhäute im Inneren der jungen Sporenfrucht keinen Zweifel liess, war die Entwickelung immer schon bis nahe zur Bildung der Sporenmutterzellen fortgeschritten. Der Inhalt der Archegoniumhöhle bestand dann aus einem Conglomerat zartwandiger, eng aneinanderschliessender Zellen, welche durch ihre Anordnung auf kein bestimmtes Theilungsgesetz mehr zurückdeuteten. Die peripherische Zellschicht, welche sich von der Hauptmasse des Fruchtkörpers zunächst in Nichts unterscheidet, bleibt, während sich die Zellen des letzteren auflockern und gegenseitig abrunden, zunächst unverändert. In allen Sporenmutterzellen erfolgt nun ziemlich gleichzeitig die Theilung in vier tetraëdrische Specialmutterzellen, welche sich mit je 3 flachen Wänden gegenseitig angrenzen und nur eine

freie Wand nach aussen gerichtet haben. Die Sporen entstehen ebenfalls gleichzeitig im Innern der Specialmutterzellen. Ihre Membran zeigt schon in der Jugend, wo sie noch ungefärbt ist, leistenförmige Hervorragungen (R. ciliata, sorocarpa etc.), welche sich mehr oder weniger regelmässig zu 6 seitigen Maschen gruppiren. Bei starker Quellung in Kalilauge erweisen sich die leistenförmigen Fortsätze als durch Faltung der Zellmembran entstanden. Mit der Erhärtung der Schichten geht eine dunkelbraune Färbung des Exosporium Hand in Hand, womit die Fortpflanzungszelle ihre Ausbildung äusserlich beschliesst.

Bischoff[1]) giebt für alle Arten der Gattung Riccia als Regel an, dass der Fruchtkern einer eigenen Umhüllung entbehre und dass die Sporenmasse unmittelbar in der Höhlung des erweiterten Archegoniums eingeschlossen liege. Es ist dies nur in sehr beschränkter Weise richtig. Wie wir oben sahen, wird ein besonderes Sporangium in Form eines kleinzelligen geschlossenen Wandbeleges an der Innenseite des Archegonium-Bauchtheiles angelegt. Am deutlichsten sah ich dasselbe bei R. minima, weniger vollkommen bei R. ciliata, nur in Andeutungen bei R. sorocarpa. Wo es sich bildet, hat es aber freilich nur eine sehr vorübergehende Existenz. Durch die starke Ausdehnung der Mutterzellen und der in ihnen gebildeten Sporen verlieren die zartwandigen Bläschen im Umkreis der reifenden Frucht sehr bald ihren Inhalt und werden vollständig resorbirt. Bei R. Bischoffii wird die Stelle der fehlenden Sporangiumwand durch die peripherischen Theile der zu äusserst liegenden Sporen-Mutterzellmembranen vertreten, welche, fest aneinanderschliessend, sich verdicken, stark bräunen und eine, wie es scheint, vollkommen geschlossene Hülle um die Sporenmasse bilden. Die unregelmässig nach innen vorspringenden leistenförmigen Fortsätze weisen auch später noch auf die Entstehung dieses Aftersporangiums hin.

Bei den zuerst genannten Arten vertritt die Wandung des Archegoniumbauches die Stelle eines besonderen Sporangiums. Sie folgt der Entwickelung des Fruchtkernes, indem sich ihre Zellen wiederholt durch zur Peripherie senkrechte Wände theilen und nicht unbedeutend in die Länge strecken. Mit Ausnahme des am Gewebe des Laubes festgewachsenen Grundes und des Scheitels, wo mitunter einige parallele Wände auftreten, bleibt sie desshalb durchweg ein-

---

[1]) Bemerkungen über die Lebermoose etc. pag. 918.

schichtig. Ihre Zellen sind durch zahlreiche und sehr grosse Chlorophyllkörper vor dem umgebenden Zellgewebe ausgezeichnet. Der Hals des Archegoniums stirbt, soweit er über die Laubachse hervorragte, bald nach Befruchtung der Keimzelle ab. Sein unterer Theil bleibt bis zur Fruchtreife erhalten, schrumpft aber ein und die Zellmembranen färben sich deutlich purpurroth.

Die Zunahme des befruchteten Archegoniums an Umfang ist von den ersten Theilungen der Keimzelle bis zur Entleerung der Frucht so bedeutend, dass die freie Höhlung der Laubachse, welche sich um seinen Grund gebildet hatte, nicht genügenden Raum dafür zu bieten vermag. Es wird deshalb immer ein Theil des seitlich benachbarten Gewebes resorbirt; und diese Resorption ist meist gross genug, dass sich die aufeinanderfolgenden Früchte, welche früher als Archegonien durch viele Zellschichten von einander getrennt waren, endlich unmittelbar berühren. Die Längsdehnung der Frucht erfolgt besonders nach unten zu, wo das Laub oft beulenförmig aufgetrieben wird (am deutlichsten bei R. fluitans). Durch Vertrocknen und Zerreissen der sie bedeckenden Zellschichten werden die Sporangien bei vielen Arten (z. B. R. sorocarpa) nach oben blossgelegt, bevor sie durch unregelmässiges Bersten an der Spitze sich öffnen und den Sporen den Austritt gestatten.

Die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchungen lassen sich kurz dahin zusammenfassen:

1) Das Längenwachsthum von Riccia wird sowohl durch gesetzmässige Theilung mehrerer gleichwerthiger terminaler Randzellen ($M^n = M^{n+1} + {}_nE^1$) und der von ihnen abgetrennten Aussenzellen, als durch intercalare und mehr regellose Theilungen des jungen Innengewebes vermittelt.

2) Die Laubachse stellt morphologisch und funktionell eine Vereinigung von Stamm und Blatt dar.

3) Die blattartigen Lamellen, früher fälschlich als Blätter gedeutet, entstehen, jede für sich, durch Theilungen der nebeneinander hervortretenden und eng aneinanderschliessenden unteren Aussenzellen des zweiten Grades senkrecht zu einer durch die Richtung ihrer Längsdehnung und die Grundlinie der Lamelle bezeichneten Ebene. Erst nach vollendeter Ausbildung werden sie mechanisch in zwei Hälften getrennt, welche meist frühzeitig zu Grunde gehen.



4) Die Verzweigung der Laubachse erfolgt durch Theilung der Scheitelregion in zwei gleichwerthige Tochtersprosse, ist also eine echte Gabelung.

5) Antheridien und Archegonien folgen verschiedenen Entwickelungsgesetzen und sind selbst in den jüngsten Zuständen nicht zu verwechseln. In der Antheridienmutterzelle treten erst mehrere horizontale Wände auf, ehe vertikale Scheidewände mit ihnen abwechseln; im Archegonium folgt auf die Abtrennung der Basalzelle eine Sonderung der oberen in eine centrale und mehrere peripherische Zellen; erstere wird nach Abgliederung der Deckzelle zur Mutterzelle des Keimbläschens.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XLIV.

Riccia Bischoffii Hübn.

Fig. 1. Vertikaler Längsschnitt durch den Scheitel einer weiblichen Pflanze; 440-mal vergr. Das junge Archegonium ist im optischen Durchschnitt gezeichnet.

Fig. 2. Jüngstes Entwickelungsstadium eines Antheridiums, auf dem vertikalen Längsschnitt durch den Scheitel einer männlichen Pflanze; 440 mal vergr.

Fig. 3. Junges Antheridium, dessen Mutterzelle ihre ersten Theilungen durch Querwände vollendet hat; 440 mal vergr.

Fig. 4. Stiftförmiger Ausführungskanal eines bereits entleerten Antheridiums, soweit er über die Oberfläche des Laubes hervorragt. (Nur die dem Beobachter zugekehrten Zellreihen sind dargestellt.) 94 mal vergr.

Fig. 5. Jüngste Anlage eines Archegoniums. Die zur Mutterzelle gewordene Aussenzelle hat sich erst durch eine, mit der oberen Laubfläche parallele Wand getheilt; 440 mal vergr.

Fig. 6. Weitere Entwickelungsstufe des jungen Archegoniums, auf einem vertikalen Längsschnit durch den Scheitel; 440 mal vergr.

Figg. 7. u. 8. Nächstfolgende Entwickelungsstufen der Archegonien; 250 mal vergr.

Figg. 9 u. 10. Durchschnitte durch den Hals unreifer Archegonien mit bezüglich 6 und 7 peripherischen Zellen; 440 mal vergr.

Taf. XLV.

Riccia ciliata Hoffm. var. colorata.

Fig. 1. Vertikaler Längsschnitt durch die Scheitelregion eines fortwachsenden Sprosses. Das Präparat zeigt die Theilung der terminalen Randzellen, die Entwickelung der Blattschuppen und zwei Archegoniumanlagen auf verschiedenen Stufen der Ausbildung; 440 mal vergr.

Fig. 2. Jüngste Anlage eines Antheridiums. Die Mutterzelle hat sich erst durch eine Querwand getheilt; 440 mal vergr.

Fig. 3. Oberer Theil eines reifen Antheridiums; 250 mal vergr.

Fig. 4. Ein Archegonium auf mittlerer Entwickelungsstufe, unverletzt und von aussen gezeichnet; 440 mal vergr.

Fig. 5. Durchschnitt des Halses eines der Reife nahen Archegoniums; 440 mal vergrössert.



Riccia minima L.

Fig. 6. Vertikaler Längsschnitt durch die mittlere Scheitelregion; 440mal vergr.

Fig. 7. Junges Antheridium auf einem vertikalen Längsschnitt durch die junge Laubachse; 440mal vergr.

Fig. 8. Ein der Reife nahes Antheridium. Die reihenförmige Schichtung der Spermatozoiden-Mutterzellen weist auf ihre Entstehung in horizontal übereinandergelagerten Mutterzellen hin; 250mal vergr.

Fig. 9. Junges Archegonium, dessen obere Zelle erst zwei sich gegenüberstehende Wände gebildet hat; 440mal vergr.

Fig. 10. Weiteres Entwickelungsstadium des jungen Archegoniums. Der der Basalzelle aufgesetzte Zellkörper besteht bereits aus einer centralen, vier peripherischen und einer Deckzelle; 440mal vergr.

Taf. XLVI.

Riccia sorocarpa Bisch.

Fig. 1. Vertikaler Längsschnitt durch den Scheitel eines fortwachsenden Sprosses; 440mal vergr.

Fig. 2. Ein Antheridium auf mittlerer Entwickelungsstufe; 440mal vergr.

Fig. 3. Weiter entwickeltes Antheridium, ebenso, wie das in Fig. 2 dargestellte, auf einem vertikalen Längsschnitt durch die Laubachse. Die Sonderung des Zellkörpers in Kern und Hülle ist an beiden deutlich erkennbar; 440mal vergr.

Figg. 4, 5, 6, 7, 8. Aufeinanderfolgende Entwickelungsstufen des Archegoniums, vom einzelligen Rudiment bis zu seiner Ausbildung in allen Theilen. Alle Figuren sind auf vertikalen Längsschnitten durch die Laubachse gezeichnet und 440mal vergr.

Fig. 9. Erwachsenes Archegonium auf dem vertikalen Längsschnitt durch einen schmächtigen Laubspross, der ganzen Länge nach im Durchschnitt dargestellt. Die den Archegoniumbauch umgebende Höhlung ist hier grösser, als gewöhnlich; 250mal vergrössert.

Fig. 10 stellt den oberen Halstheil desselben Archegoniums, körperlich gezeichnet, dar; 250mal vergr.

Fig. 11. Der untere Theil eines vollkommen ausgebildeten Archegoniums einer kräftig entwickelten Pflanze. Das wahrscheinlich befruchtete Keimbläschen zeigt einen deutlichen Kern und eine Membran mit doppelten Contouren; 440mal vergr.

Mit Ausnahme von Taf. XLIV, Fig. 4 und Taf. XLV, Fig. 3 u. 8 sind alle Präparate nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilauge und Salzsäure gezeichnet.

Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele, Gummi und Gummiharze, und die Stellung der Secretionsbehälter im Pflanzenkörper.

Von

Dr. N. J. C. Müller,
Docent der Botanik in Heidelberg.

(Mit Taf. XLVII—LIII.)

Die genannten Körper sind in ihrer Bedeutung für den Haushalt der Pflanze wenig gekannt, wiewohl vielfach mit wechselndem Erfolg untersucht. Was ihre Entstehungsweise anbelangt, so sind wir für verschiedene Schleime und Gummiarten hinlänglich orientirt, insofern wir für solche wissen, dass sie durch eine örtliche, unregelmässig auftretende Verflüssigung starrer Zellmembranen erfolgt. Eine Erscheinung, welche, oft nur auf einzelne Gefässe im Holzkörper der Gefässpflanzen beschränkt, allgemeiner vorkommt, als es nach den Untersuchungen Mohl's[1]) und Wiegand's[2]) den Anschein hatte. Dem Chemiker boten gerade diese Körper sehr wenig oder gar keine Ausgangspunkte zu genauerer Untersuchung dar. Es soll nicht Aufgabe vorliegender Untersuchung sein, die Ergebnisse der bis jetzt gelieferten Arbeiten über das Auftreten der Gummi- und Schleimmassen im Pflanzenkörper einer nochmaligen Prüfung zu unterwerfen; es soll vielmehr gezeigt werden, in welcher Beziehung die Erscheinung der Desorganisation der ganzen Zellmembran, oder eines beschränkten Theiles solcher, oder endlich grösserer Gewebspartieen zu dem Auftreten der anderen Reihe von Körpern steht, der sogenannten Harze, ätherischen Oele, der Gemenge solcher für sich oder mit wechseln-

1) H. v. Mohl, Ueber die Entstehung des Traganthgummi. Bot. Zeit. 1857.

2) Wiegand, Ueber Desorganisation der Pflanzenzelle etc. Pringsh. Jahrb. III.

den Mengen von Gummi und Schleim: Körper, die lange Zeit als Secrete angesehen, in der Technik Anwendung finden, von dem Chemiker etwas genauer untersucht sind. Ich brauche kaum an die vielen Kohlenwasserstoffe, an das Vorkommen vieler Harzsäuren, deren Beziehungen zu Alkoholen, an die Säuren der aromatischen Reihe und deren Substitutionen zu erinnern, und an das constante Vorkommen von sogenannten ätherischen Oelen oder Balsamen in bestimmten Pflanzen, um anzudeuten, dass alle diese Körper als charakteristische für die betreffende Pflanze angesehen werden müssen. Die grosse Massenanhäufung solcher in der Pflanze geschieht zum Theil in bevorzugt wachsenden Zellen, z. B. Laurineen, zum Theil in eigenthümlichen Behältern, deren Wesen bis jetzt wenig aufgeklärt war. Allgemein gekannt ist die Verbreitung der Secrete in denselben Pflanzen in Zellen, welche von dem Ort grösster Absonderung weit entfernt liegen. Die Coniferenharze finden sich in wechselnder Menge in den Zellen der Terminalknospe und Blattanlagen, wie in denjenigen des älteren Holz- und Rindenkörpers; Harze und ätherische Oele der Umbelliferen in den Früchten, Blättern, dem Stamm und der Wurzel fern von sogenannten Gängen. Sehen wir ab von der Frage des Chemikers: ist das Harz ein Derivat des ätherischen Oels oder ist umgekehrt das letztere ein solches des ersteren? so kommt für den physiologischen Botaniker wohl zunächst die Frage in Betracht: wie entsteht ein Gemisch von Harz und ätherischem Oel in der Masse eines kleinen Tropfens in der Zellflüssigkeit? Verlegen wir nach der Methode der Entwickelungsgeschichte die zu betrachtende Zelle in den Vegetationspunkt oder dessen unmittelbare Nähe, oder in die des Cambiumringes, dafern daselbst die genannten Körper vorkommen, und mustern alle Zellen, welche liegen zwischen dem Ort des ersten Auftretens, in kleinster Masse, und dem Ort der Ansammlung grösster Massen in älteren Achsentheilen, so benutzen wir die Methode, welche Sachs für die Frage über Entstehung, Translocation und Ablagerung des Amylum und anderer entschiedener Baustoffe angewandt. Es wird diese Methode gefordert, da in den jüngsten Achsentheilen der Pflanzen schon sogenannte Balsame angetroffen werden, da ferner ein continuirliches System von harzführenden Räumen von der Knospe bis in den alten Stamm für viele Pflanzen bekannt ist.

Ueber die Methoden Wiegand's und Karsten's in derselben Frage werde ich bei Besprechung des harzführenden Canals sprechen, und hätte hier nur noch der Untersuchungen Wiesner's[1]) (Abhandl.

1) Chemisches Centralblatt 1865, S. 756.

der k. k. österreich. Akademie Bd. 51) und Dippel's[1]) zu gedenken, welche den Uebergang von Amylum in Balsammassen zuerst nachwiesen im Raum von Holz und Markstrahlzellen; es stellt sich dieses Ergebniss den Aussprüchen der oben genannten Forscher entschieden entgegen, welche den directen Uebergang grosser Zellhautmassen in Harz angeben und die totale Impermeabilität aller normalen Zellmembranen für die genannten Körper. Wiesner schliesst sich nun dennoch auf Grund seiner Untersuchungen den Ansichten Wiegand's und Karsten's an, was sehr schwer verständlich erscheint. Dippel hingegen weist mit Recht auf die Unzulänglichkeit der Wiegand'schen Methode hin. Bezüglich des Uebergangs von Amylum in Harz kann ich Bemerkungen hier hinzufügen, welche die Dippel'schen Angaben insofern bestätigen, als die Gewissheit des Verbrauchs von Amylum, bei gleichzeitiger Mehrung der Harzmassen, aus ihnen hervorgeht. Man findet bei Musterung jugendlicher Zellen der secundären Rinde an bestimmten Stellen, welche mehrere Zellen umfassen, und in peripherische, dem Cambiumring parallele Zonen geordnet sind, Amylum in zahlreichen Körnern gelagert, zu einer Zeit, in welcher ätherisches Oel und Harz noch nicht vorhanden sind (Fig. 34). An solchen Stellen tritt nun die Bildung eines Intercellularraumes ein. In einem älteren Zustande dieses Raumes, dessen Entwickelungsgeschichte unten ausführlicher zu schildern ist, sind die Amylumkörner überzogen mit einer Harzschicht und umlagert von zahlreichen kleinen Harztröpfchen. In einem noch älteren Stadium ist der Intercellularraum zum Theil mit demselben Harz erfüllt, das Amylum dagegen ist in den Grenzzellen des Raumes verschwunden.

Bezüglich der Imbibition von Holzzellen mit Harzen, wie sie beispielsweise bei dem Kiefernholze vorkommt, habe ich hier kaum noch auseinanderzusetzen, dass diese noch lange nicht, wie Wiegand meint, einen Uebergangszustand von Holzzellwand in Harz kennzeichnet. Eine vollständig in Harz getränkte Holzpartie (Kienholz) wirkt doppelt brechend im polarisirten Licht. Bei Behandlung mit Wasser tritt sofort eine Trübung eines dünnen Querschnittspräparates ein, eine grosse Zahl punktförmiger Harztröpfchen tritt aus dem Holzschnitt aus, Wasser tritt ein. Längeres Liegen in Wasser macht, dass alles Harz in der Zellwand durch Wasser ersetzt wird. Die Schärfe der Contouren tritt dadurch wieder ein. Kalilauge beschleunigt unter

1) Botan. Zeitung 1863.

Verseifung des Harzes diesen Vorgang. Die derart (bezüglich ihres Bestrebens, HO wieder anzuziehen) befriedigte Membran zeigt durchaus keine auffallende Veränderung, sei es im äusseren Ansehen, sei es in ihrer molecularen Structur, sie wirkt doppelt brechend (etwas stärker als zur Zeit der Harzimbibition).

Die saure Reaction findet sich an den in lebendigen Zellen vorkommenden Harzen, soweit meine Untersuchungen reichen, nicht. Im Kienholz, in den harzführenden Umbelliferenwurzeln, welche 1 bis 2 Monate an der Luft gelegen, zeigt sich dieselbe sehr deutlich an den in Zellen und Gängen eingeschlossenen Harzmassen. Zusatz von Kohlensäure-haltiger Kalilauge giebt bei gewöhnlicher Temperatur eine lebhafte Reaction. Die Harzmassen werden unter Zusammenfliessen aus den Zellen herausgeschleudert durch aus ihrem Innern entweichende Kohlensäureblasen. Ein Ballen wird auf das auffallendste gedehnt, zerrissen, aufgebläht unter Kohlensäureentwickelung und steter Verkleinerung seiner Masse, bis er endlich verschwunden. Die Harzseifen sind zum Theil vollkommen löslich, zum Theil scheiden sie sich in kleinen Flocken im Wasser des Objectträgers aus. Ueber den Chemismus der Bildung kleinster Massentheile genannter Körper kann zur Zeit nur gesagt werden, dass, je ruhiger und geduldiger der Anfang der Frage bearbeitet wird, je eher die Lösung hierher einschlägiger Fragen zu erwarten ist. Wiegand und Karsten machten, dass das Ende der Lösung schon vorhanden schien, indem sie einen Zustand harzführender Achsen in Betracht zogen, der in der ganzen Frage eigentlich erst zuletzt anhangsweise in Betracht gezogen zu werden verdient; denn grosse Massen von Harz, welche grosse Massen von Holzzellen imbibirten, waren beide vorhanden für sich isolirt, vor dem Zustand des Kienholzes.

Man ist auf die Erklärungsweise Wiegand's allerdings rasch zu Ende. Irgendwelche genauere Prüfung zeigt dafür auch, dass man sich einen Anfang ohne Ende bereitet hat. Das Axiom Karsten's: Harze können organisirte Membranen in der Pflanze nicht passiren, macht die Folgerung nothwendig, dass Harzgänge durch Resorption von harzführenden Zellen entstehen. Die Voraussetzung desselben Herrn, dass Harze selbst Desorganisationsproducte der Zellhaut sind, macht mit dem ersten Ausspruch combinirt, die Existenz jugendlicher Achsentheile vieler harzführenden Pflanzen zu einer theoretischen Unmöglichkeit; denn die Zellen solcher Knospen führen reichlich Harz, und von einer Resorption kann hier keine Rede sein. Der Untergang einiger Grenzzellen um einen alten Harzgang der Coniferen,

der Cussonia und Cycadeen ist eine Erscheinung, die mit der Füllung des Harzcanals in derselben Beziehung steht, wie die Tränkung von Holzzellen mit Balsam, zu der Entstehung dieses Balsams, das ist in gar keiner. Die Vertheilung der genannten Körper in der Pflanze, die Entwickelungsgeschichte mehrerer Gänge zu studiren, schien mir, nach dem was bis jetzt vorausgeschickt, das wesentlichste zu sein, was in der schwebenden Frage gethan werden muss.

Die Verflüssigung von Gefäss- und Holzzellwänden zu in Wasser quellungs- oder lösungsfähigen Körpern beobachtete ich immer auf einzelne Gefässe und Holzzellen beschränkt bei den Laurineen, Araliaceen, Cycadeen, Marattiaceen, Terebinthaceen, Compositen, mit einem Worte die Gummosis, in beschränktem Grade auftretend, ist mir bei fast allen, auf die Secrete: Harze, ätherische Oele, Gummiharze, untersuchten Pflanzen vorgekommen, ohne dass ich im Geringsten Anlass zu nehmen befähigt war, eine Beziehung zwischen ihr und dem Abgeschiedenwerden der genannten Körper anzunehmen. Die Gummosis tritt auf und fehlt bei derselben Pflanze, sie ist nicht in dem Wesen der Pflanze begründet. Ueber die Stellungsverhältnisse der resorbirten Gewebearten zu dem bleibenden Theil der Achse giebt es kein Gesetz. Man frage sich, wie es mit dem ätherischen Oele, Harze, Balsam etc. stehen mag bei Fichten, Tannen, Anis, Fenchel; man frage den systematischen Botaniker, ob die Oelstriemen in den Umbelliferensamen als pathologische Erscheinungen eine sehr unregelmässige Stellung haben müssen? Man nehme die diagnostischen Abbildungen der Früchte genannter Pflanzen in vielen Lehrbüchern und die Tafeln Wiegand's (Taf. VI u. VII Pringsh. Jahrb. III), um zu sehen, in wieweit die Forderung einer Entwickelungsgeschichte der Gänge genannter Secrete gefördert und wieweit derselben in der Untersuchungsmethode der Analogiegründe genügt ist. Ueber die Stellungsverhältnisse der Secretionsbehälter zu den Gefässbündeln der untersuchten Pflanzen ist im letzten Abschnitt dieses Aufsatzes nachzusehen. In dem Folgenden sollen die Methoden und Resultate meiner Untersuchung mit den frühern Ergebnissen verglichen werden. Es soll hier nur noch erinnert werden, dass eine chemische Betrachtung der Entstehung der Secrete nicht zunächst in der Absicht der Untersuchungen lag, dass nur eine Orientirung über die Vertheilung und den Ort des ersten Auftretens, das Wesen der grossen Massenanhäufung und die Entstehung der Behälter, sowie die Erforschung der Gesetzmässigkeit ihrer Stellungsverhältnisse zu andern anatomischen Systemen, die Aufgaben derselben waren. Da wir zur

Zeit über die Stellung der sogenannten Harze, Balsame in chemischer Beziehung durchaus keine Sicherheit besitzen; für die genannten Secrete, wie sie in der Pflanze vorkommen, ebensowenig genaueres wissen, so möge es mir erlaubt sein, im Folgenden feste Harze oder Lösung solcher in sogenannten ätherischen Oelen im Allgemeinen als Harze zu bezeichnen.

Der harzführende Intercellularraum.

Nach obigem können wir dem Ort des ersten Auftretens der genannten Körper dadurch näher kommen, dass wir fragen: wie entsteht der sogenannte Harzgang, wann entsteht solcher? und wann und wo sehen wir die ersten Harztröpfchen resp. Gummiharzmassen auftreten? Denn entstehen die genannten Körper durch Resorption von Zellwänden, so ist der Gang ein Intercellularraum von unregelmässiger Begrenzung, und wir dürfen Harz in demselben als ein für allemal abgeschieden betrachten. Damit wäre denn auch ausgesprochen, dass keine Gewebsart jüngeren Ursprungs als die resorbirte Harz führen oder erzeugen dürfte, widrigenfalls wir von diesem die Entstehung und Translocation zu erforschen hätten. Nimmt man, wie dies bereits mehrfach geschehen, das Harz in den Gängen als Endproduct einer Resorption von Zellwänden an, so ist nicht einzusehen, wo das Harz, ätherische Oel und Harz etc. herkomme in Zellen, in deren Nähe weder eine Resorption wahrzunehmen, noch auch ein bereits gebildeter Gang vorhanden ist.

In ergötzlich sinnreicher Weise lässt Karsten [1]) das Harz (?) und den Gang durch Resorption bereits vorhanden gewesener Zellen entstehen; damit indess die harzartigen Tropfen, welche in den Zellen bereits vorhanden sind, nicht in der Betrachtung unberücksichtigt bleiben, so hat man diese als Bläschen aufzufassen, Bläschen, deren Einschluss ätherisches Oel sei, das sich, nachdem die Membran zerplatzt, zu dem Harz ergiesst. Leider offenbaren sich alle diese Verhältnisse bei genauerer Musterung des Entwickelungsganges der harzführenden Intercellularräume nicht, stellen sich vielmehr wie insbesondere die Bläschennatur so mancher sphärisch gestalteter Körper als aus der Luft gegriffen heraus. Bei den Fragen, deren ich Eingangs gedachte, sehen wir in dieser Anschauungsweise wenigstens den Versuch gemacht, das frühere Auftreten der Secrete mit dem

1) Bot. Zeit. 1857. Ueber Entstehung des Harzes, Wachses etc.



Auftreten von ebensolchen in gesonderten membranlosen Räumen zu vereinbaren, wenn auch sehr viele der Angaben Karsten's in der Natur nicht bestätigt sind. Ganz anders ist es mit den Angaben Wiegand's hierüber, welche in mannichfacher Form in den verschiedenen Lehrbüchern der Pharmacognosie als Ergebnisse der Physiologie ohne jegliche Prüfung wiedergegeben sind.

Für Wiegand scheint die grosse Masse von Harz oder Lösung solches in ätherischen Oelen, wie sie in den Meristemzellen aller Nadelholzknospen, vieler Blätter der primären und secundären Rinden vorkommen, gar nicht in Betracht zu kommen. Es scheint ihm genügend, nachzuweisen, dass im Harzgang das Harz entstanden sei. Gleichwohl giebt er die Verwendbarkeit und Diffusibilität solcher Körper aus dem Harzgang heraus und die Translocation in oft von letzterem weitentlegene Zellen nicht zu, schneidet sich somit selbst für seine eigene Betrachtungsweise die Möglichkeit der Erledigung der Frage über das erste Auftreten geradezu ab. Dass die Thatsachen, welche Wiegand als für die Resinosis maassgebenden angiebt, nichts weiter als den Erguss grosser Massen von Harzlösung in die Räume des Holz- und Rindenkörpers bethätigen, keineswegs aber die Frage über das erste Auftreten erledigen, erhellt aus folgenden Stellen der genannten Abhandlung: „Das Harz, welches an den Wunden angehauener Stämme von Abies pectinata in reichlichen Massen gleichsam hervorquillt, bildet sich nach meiner Beobachtung in folgender Weise. Zunächst erscheint das Gewebe des Holzes und der Rinde in Balsam getränkt (!), innerhalb desselben finden sich gangförmige oder drusenartige Harzmassen eingeschlossen, welche, wie man schon bei unmittelbarer Betrachtung aus dem Mangel an scharfer Abgrenzung gegen das benachbarte Gewebe, sowie aus dem Umstande, dass das letztere nicht zerrissen, sondern in der Richtung der Schichten unverändert ist, erkennt, nicht anderwärts entstanden und hier etwa zwischen das Gewebe ergossen sein können, sondern offenbar an Ort und Stelle selbst durch Umwandlung gewisser Gewebsmassen entstanden sind.“ Es sprechen diese Thatsachen hinreichend für eine totale Tränkung von Holzzellen in Harz oder Balsam, nicht im geringsten für eine directe Entstehung des Harzes aus Holzzellwand. Eine vollständige Imbibition der Zellwand mit Harz oder Balsam, was dasselbe ist, bedingt selbstverständlich den Verlust derselben an einem Bestandtheil, dessen Gegenwart in normalem Zustand durch seine ungleiche, moleculare Vertheilung in verschiedenen Schichten der Zellwand ihr charakteristisches optisches

Verhalten verleiht, es ist der Verlust des imbibirten Wassers. Dass dem in dem von Wiegand beleuchteten Fall so sei, erhellt aus der folgenden zu der angeführten bezüglichen Stelle: „Bei diesem Uebergang (Zellwand in Harz) zeigt das Harz anfangs noch Spuren des Zellenbaues, und namentlich dadurch, dass die länger unverändert bleibenden Markstrahlen sich in die übrigens homogene Harzmasse fortsetzen, Andeutungen des strahligen Gefüges, ja selbst wo alle Structur verschwunden zu sein scheint und die Masse bereits fast ganz durch Alkohol auflöslich ist, erfolgt in derselben durch Chlorzinkjod noch stellenweise eine blaue Färbung, zum Beweise, dass der Zellstoff noch nicht vollständig in Harz verwandelt ist. Aehnlich zeigt es sich in der Rinde, wo sowohl das Parenchym als der Hornbast und die Steinzellen an der Harzbildung Theil nehmen."

Die übrigen Studien Wiegand's wurden an Klumpen von Lack, Epheuharz und andern Harzmassen gemacht, wie sie im Handel vorkommen und einem Pharmacognosten zur Hand sind. Klumpige Massen von Harz, welche, wie Schleiden ganz richtig von dem Epheuharz bemerkt, ein „Conglomerat von Harz, Gummi und Rindentrümmern" darstellen, an welchen man jede andere Misshandlung durch Witterung, Sammeler, Verpacker und Verkäufer eher als die Entstehung des Harzes aus eingeschlossenen Rindentrümmern im Harzballen studiren kann, was aus den Abbildungen Wiegand's (Fig. 10—12) und sonstige die angenommene Resinosis versinnlichende sattsam erhellt. Dünne harzlose Rinden und Holzquerschnitte verlieren bei fortgesetzter Behandlung mit warmem Canadabalsam alle scharfen Contouren; gleichwohl wird Niemand annehmen, ein derartiges Präparat verwandele sich in Canadabalsam. Da der Epheu nicht nur in südlichen Gegenden Harz bildet, sondern auch bei uns, so ist das Material zum Studium des Entwickelungsganges desselben, soweit es den Kräften des Phytotomen möglich, an dem frischen Epheustamm geboten. Es wird mir erspart sein, auf weitere Einzelheiten der Wiegand'schen Arbeit hier einzugehen. Die übliche Sitte eingangs der Schilderung eigener Untersuchungen die Gesammtliteratur über denselben Gegenstand durchzugehen, würde mir in diesem Falle schwer werden, da in vielen Pharmacognosien, welche hauptsächlich die Stellung unserer Körper zum Pflanzenkörper behandeln, die Wiegand'sche Annahme blindlings angenommen, die Gegenwart der Harzgänge und deren Entstehung zuweilen vollständig ignorirt wird und selbstständige Untersuchungen nicht gemacht sind.

Eine Illustration zu dem Gesagten bietet eine Stelle aus einem

den neuesten Stand der Pharmacognosie vorführenden Lehrbuch[1]): „Alle diese Producte (Harze, Gummiharze, Schleime) sind daher mit Wiegand im wahren Sinne des Wortes nicht einer exosmotischen Absonderung (Secretion) des Gewebes zuzuschreiben, sondern der Umbildung der Cellulose selbst. Die frühere Vorstellung besonderer Gummi- oder Harzgänge, in welche solche Secrete sich ergössen, ist daher beseitigt." Der Traganthstrauch muss dann selbstverständlich auch hier herhalten. Weil die Traganth- und Kirschgummibildung pathologische Erscheinungen sind, muss auch die Harz- und die Balsambildung eine solche sein. Als gäbe es nicht Kirschbaumtheile, die sich nicht in Gummi verwandeln, und als gäbe es Kiefernknospen ohne Harz und Terpentinöl. An einer anderen Stelle heisst es bei demselben Herrn: „Nirgends aber ist auch nur die Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, dass Gummi oder Harz durch Zellwände hindurchgehen kann, im Gegentheil hat Hofmeister direct die Undurchdringlichkeit derselben, z. B. für Gummilösung, bewiesen." Wenn ein Pharmacognost nicht im Stande ist, an einer Angelika, Imperatoriawurzel oder Epheurinde den Entwickelungsgang und das Verbreitetsein von Intercellularräumen, in welche sich Harze, Gummiharze oder Harzlösung in ätherischen Oelen ergiessen, zu studiren, so ist dies ziemlich traurig. Wenn indess ein solcher Angaben von Forschern nicht im Stande ist zu constatiren und zu verstehen, so thut er besser, solche Angaben nicht zu benutzen, als sie falsch zu benutzen. Wenn Flüchiger meint, Hofmeister habe mit dem Experiment mit der Gummilösung im Dyalisator beweisen wollen (gelegentlich der Saftsteigefrage, 1858 Flora), dass Zellmembranen für Gummi und Harze und ätherische Oele nicht permeabel sind, so hat er den Zweck des Versuchs einfach nicht verstanden. Und überzeugt sich leicht von der Permeabilität der Membran für Harze und ätherische Oele durch den Versuch Zellmembranen abwechselnd mit Wasser und ätherischem Oel zu tränken, welchen Hofmeister in seinem Lehrbuche der physiol. Botanik (Bd. 1. 226) angiebt. Das practische Leben zeigt ausserdem vielfach mit Harz und Oel statt HO imbibirte Zellwände (z. B. Korkstöpsel auf Terpentin, Oelflaschen, Kienholz etc.).

Da in den bis jetzt abzuhandelnden Literaturangaben z. Th. nicht erlaubte Methoden zur Lösung der obengestellten Fragen angewandt, z. Th. gar keine Lösung versucht wurde, nahm ich als erlaubt an, sie theils mit sich selbst, theils mit Betrachtungen aus dem gewöhnlichen Leben zu widerlegen.

1) Flüchiger, Lehrbuch der Pharmacognosie. 1866.

Es gilt dies noch für einen neuerlichen Vorschlag Wiesner's: für das gedrängte Vorkommen gesonderter kleiner Harztropfen in Zellen den Ausdruck: Harzmehl anzuwenden. Auch hier braucht man nicht erst das Mikroskop zu benutzen, um zu entscheiden, ob der neue Ausdruck gut oder schlecht, gegenüber dem in allen Disciplinen gebräuchlichen — Tropfen für kleine Flüssigkeitsmassen — Körner für kleine feste Massen. Es regnet dicke oder dünne Tropfen; nicht es regnet Wassermehl. Der Müller kann sein Mehl in Säcken, der Terpentinfabrikant muss Harz und Pech in Fässer verpacken.

Eine bessere Würdigung erfuhren die Fragen: entsteht das Harz in den Zellen oder in Harzgängen? sind Harze oder ätherische Oele diffusibel? etc. in einer Untersuchung Dippel's[1]) an Abies pectinata, in welcher zuerst auf den voreiligen Schluss Wiegand's (Bot. Zeit. S. 256) hingewiesen wird. Dippel beobachtete das wechselnde und gleichzeitige Vorkommen von Harz und Amylum in verschiedenen Zellen, wies auf die Möglichkeit der Diffusion von in Zellen gebildetem Harz in nach seiner Muthmaassung durch Resorption entstandene, besonderer Membranen entbehrende Gänge hin, und ist überhaupt der erste seit dem Erscheinen der Wiegand'schen Arbeit, der auf das Unzureichende der darin geübten Methoden hinweist und die genauere Erforschung der Entwickelung des Ganges von dem cambialen Zustande ab, als wünschenswerth bezeichnet. Unter den Veröffentlichungen der neuesten Zeit ist noch in dem anatomischen Atlas für Pharmacognosie von Berg ein für den Zweck fast mit überflüssiger Sorgfalt ausgearbeitetes Werk geboten, in welchem die Vertheilung der Secretionsbehälter in Stamm und Wurzeltheilen für den fertigen Zustand wenigstens treulich bedacht ist. Eine genauere Betrachtung der hier angedeuteten Stellungsverhältnisse der Harzgänge in vielen Droguentheilen (z. B. Wurzeln von Umbelliferen, Compositen) dürfte jeden Pharmacognosten eher zu dem Wunsche nach der Erforschung der Ursächlichkeit solcher Verhältnisse als zu der Wiegand'schen Annahme führen: diese Secretionsbehälter sammt den darin enthaltenen Flüssigkeiten verdanken ihr Entstehen einer regellos auftretenden Resorption, wie wir sie in der Gummosis erblicken.

Die neuesten Andeutungen bezüglich der Entstehung der Harz- und Gummigänge rühren von Frank (d. Jahrbüch. 1866 H. 2. Die Bedeutung und Entstehung der vegetabilischen Schleime). Es wird

1) Botan. Zeit. 1863, Zur Histologie der Coniferen.



in diesem Aufsatz, wenigstens für Angiopteris evecta, die Entstehung der Gänge ohne Resorption vorhanden gewesener Zellen angedeutet. Wie weit diese Angabe richtig ist für die Cycadeen und Marattiaceen wird sich nach der Darlegung der folgenden Untersuchungen über die Entstehung des Harzganges und des Verlaufs der Gummosis in der Zellwand zeigen. Es wurden dieselben an frischen Axentheilen verschiedenster Pflanzen angestellt und namentlich die jüngsten Stadien in der Nähe des Cambiumcylinders und Vegetationspunktes ins Auge gefasst. Nur die jüngsten Zustände von Intercellularräumen konnten Aufschluss geben über die Art und Weise ihrer Entstehung. Da diese Methode die Berücksichtigung des Entwickelungsganges anderer anatomischen Elemente mit sich bringt, möge es mir erlaubt sein, im Folgenden entwickelungsgeschichtliche, den Bau des Holz- und Rindenkörpers angehende, Verhältnisse gleichzeitig zu besprechen.

Ueber die Methode, die dabei in Anwendung kam, bezüglich der Herstellung von Präparaten, habe ich nichts zu erwähnen, als dass angestrebt wurde in den jüngsten Gewebstheilen frischer Pflanzentheile möglichst dünne Schichten mit Vermeidung des Eingriffs heftiger chemischer Agentien der Musterung zu unterwerfen. Zur besseren Veranschaulichung der Vertheilung von Harztröpfchen in den Zellen einer grösseren Partie irgend eines dünnen Präparates eignet sich in vielen Fällen eine schwach alkoholische Jodlösung. Die genannten Tröpfchen sammeln Jod, in sich eine concentrirtere Lösung herstellend als die das Harz oder ätherische Oeltröpfchen umgebende wässerige Jodlösung. Ein braun tingirter, scharf contourirter Tropfen kennzeichnet die Reaction. In vielen Fällen ist diese Tinctionsmethode wegen etwa vorhandenen Plasma-Zellinhaltes oder Amylumkörper nicht gut verwendbar. Die folgende Tinctionsmethode, im Wesen der Erscheinung der vorigen ähnlich, leistete mir ausgezeichnete Dienste.

Harze, ätherische Oele oder Harz in Emulsion mit gummiartigen Körpern haben für das rothe Pigment der Alcannawurzel ein viel höheres Löslichkeitsvermögen als Wasser und wässeriger Alkohol, die trockene pigmentführende Borke der Alcanna, in eine zähflüssige Terpentinmasse gesteckt, färbt in kürzester Frist diese Masse im Umkreis um das Borkenstück schön roth; Wasser nimmt dagegen nur wenig Pigment auf. Bringt man zu einem Präparat genügender Dünne aus einem Harz in kleineren Tröpfchen führenden Pflanzentheil ein reines pulverfreies Borkenstückchen, giebt zu beiden einen Tropfen verdünnten Alkohols, so erscheinen die Harztröpfchen in den

Zellen in 2—3 Minuten lebhaft roth und auffallender intensiv tingirt als die umgebende wässerig alkoholische Pigmentlösung der Alcanna auf dem Objectträger. Harzlose Protoplasmamassen bedürfen eines $^1/_4$—$^1/_2$ stündigen Liegens in einer gleichconcentrirten Pigmentlösung, ehe eine auffallende Färbung wahrnehmbar.

Behandelt man das Tinctionspräparat mit Alkohol, so verschwinden die gefärbten Tropfen. Nunmehrige Behandlung desselben Präparates mit demselben Pigment bringen keinerlei Färbung zur Wahrnehmung.

Am besten verfährt man bei der Wiederholung dieser Reaction folgendermaassen: Das zu prüfende Präparat liegt in Wasser. Man löst von der Alcanna ein möglichst dünnes ebenes Borkenstückchen von der ungefähren Ausdehnung des zu prüfenden Schnittes, reibt es zwischen dem reinen Zeigefinger und Daumen mit einem Tröpfchen Wasser, entfernt dadurch die anhaftenden Pulvertheile und legt es geradezu auf das mit Wasser benetzte Präparat, bringt auf beide ein dünnes Deckelgläschen und giebt an dessen Rand einen kleinen Tropfen Alkohol; nach 2—3 Minuten entfernt man das Borkenstückchen und findet, dafern die Alcanna einigermaassen pigmentreich war (pigmentarme Alcanna ist im Handel gegenwärtig sehr häufig), die fraglichen Tropfen bei geeigneter Vergrösserung schön roth tingirt.

Ich gelangte zu dem Versuch dieser Reaction durch die Beobachtung, dass in manchen Pflanzen Harztröpfchen, welche in die jugendlichen Korkzellen diffundirt waren, sich, dort angekommen, mit Pigmenten deutlich tingirt zeigten, welche Pigmente in den übrigen Zellflüssigkeiten nur spärlichst oder gar nicht zur Wahrnehmung kommen. Braun und gelb gefärbte Tropfen von Harz oder ätherischen Oelen finden sich in den Korkzellen vieler Umbelliferenwurzeln, in den älteren Rindenzellen vieler Laurineen, der Rinde von Pittosporum u. v. a. Es dürfte die Anwendung dieser Tinctionsreaction empfehlenswerther sein als die Reactionen chemisch heftig wirkender Agentien, wie sie von Wiesner (Chem. Centr.-Bl.) angegeben, als da sind: Schwefelsäure und Chromsäure, Kalilauge, von welchen der Verlauf kaum einer einzigen Reaction in chemischer Hinsicht gekannt oder für Harze eigenthümlich ist. Selbstverständlich wendet man zur Controle der Tinction das Auswaschen mit Alkohol an, wie es oben angedeutet, um tingirte Harz- und ätherische Oeltropfen von Tropfen fetten Oels zu unterscheiden.

Anders mit einer optischen Reaction, welche Wiesner[1]) an-

1) Centralblatt, Chemisches 1865, p. 756.

wendet, um im Allgemeinen sphärische Körper auf ihre Durchsichtigkeit zu prüfen. Solche Körper werden, wenn ihre Durchsichtigkeit eine grosse, ihr Lichtbrechungsvermögen ein grösseres als das der Zellflüssigkeit ist, ein im Mikroskop aufrecht erscheinendes Bildchen von einem scharf umschriebenen Körper (den man über dem Spiegel anbringt) zeigen, wenn man den Brennpunkt des Mikroskops vermittelst der Schraube mit dem Brennpunkt des als Sammellinse wirkenden sphärischen durchsichtigen Körpers zusammenfallen lässt. Aus der grösseren oder geringeren Schärfe dieses Bildchens (einer Nadel, eines Präparirmesserchens etwa) kann dann auch für relativ sehr kleine Tröpfchen (von Harz, Stärkekörnchen) auf ihre grössere oder geringere Durchsichtigkeit geschlossen werden.

Coniferen.

Die Entwickelung des Harzganges der Coniferen verfolgte ich mit Leichtigkeit in den primären Holzbündeln junger Achsentheile im Knospenzustand, ehe ein Cambiumcylinder alle Bündel zu einem Holzcylinder vereinigt. Ein jedes Holzbündel von Pinus taurica, Abies excelsa stellt in diesem Zustande ein isolirtes System dar von bezüglich der Wachsthums- und Zellvermehrungserscheinungen ungleichwerthigen Zellen. Zu der Zeit, in welcher in allen in einen Kreis gestellten Bündeln, in einer gleichliegenden Zone cc (Fig. 1 u. 2) mehrere Zellenlagen einer cambialen Thätigkeit Ursprung verdanken, ist die Entstehung junger Gänge mit Leichtigkeit zu verfolgen. In der Fig. 1 ist ein isolirtes Bündel in seiner ganzen Erstreckung vom Mark M bis zur primären Rinde R dargestellt.

In der secundären Rinde R, ausserhalb des Cambium cc, zwischen dem Rindenbündel Fv und der Fibrovasalgruppe vM, welche der Markscheide angehören, ist mit Leichtigkeit zu constatiren, dass die erste Entstehung bestimmt gestalteter Intercellularräume dadurch erfolgt, dass Zellen auseinanderweichen, und zwar in einer gesetzmässigen Art, welche die Gestalt des Ganges, wenigstens für Zeitabschnitte, kurz nach seinem ersten Auftreten charakteristisch macht.

Die Zahl derartiger Gänge für die primären Holzbündel vor der Vereinigung durch einen Cambiumring ist für schmale Holzbündel ein einziges, für breitere zwei in tangentaler Richtung geordnet. Leicht ist es, durch genaue Zählung der in eine radiale Linie (MR) geordneten Zellen sich davon zu überzeugen, dass der Harzgang, p Fig. 1, nicht durch Resorption entsteht. 4 Zellen (a, b, c, d Fig. 3), welche in Rich-

tung der Pfeile 2 u. 3 zweien radialen Reihen angehören, weichen in dem Punkt, im Querschnitt (im Längsschnitt der Linie), der allen 4 Zellen gemein ist, auseinander, wie Fig. 3 zeigt (p). Dehnung und Wachsthum der 4 Zellen machen sie bald vor allen umliegenden auffallend. Das erhöhte Maass ihrer Ausdehnung macht ferner, dass benachbarte Zellen nicht nur nicht ein ähnliches Streben äussern können, sondern im Gegentheil zusammengedrückt werden (Fig. 4). Weitere Entwickelungsstadien zeigen, dass die Längsflächen der Membran der 4 Zellen in den Zellraum der betreffenden Zelle hinein convex, gegen den Intercellularraum concav werden.

Die körperliche Gestalt des Intercellularraums wird aus einem 4seitigen Prisma ein mehr und mehr regelmässiger Cylinder. Dem Wachsthum dieses Raumes in transversaler Richtung folgt eine Theilung durch (zum Centrum desselben) radiale Wände in unseren 4 Grenzzellen, der Kanal wird dadurch begrenzt zunächst: von 2.4 wenn in allen Zellen gleichzeitig, von 2.3 wenn in nur 2 Zellen, von 2(.4—1) Zellen wenn in nur 3 Zellen diese radiale Wand auftritt. Den Fall, wo nur 2 Zellen zunächst (b u. d bei der Lage der Fig. 3) aufgetreten, sieht man in Fig. 4. Diese Verschiedenheit der 4 primären Zellen bei transversaler Orientirung kann nun auch für die Grenzzellen des Ganges in longitudinaler gelten; in verschiedenen Höhen des Ganges kann es einerlei sein, ob immer gleiche Zellen ihrer Dehnung in, zum Gang tangentaler Richtung, gleiche Scheidewände in radialer Richtung folgen lassen. Schreitet die Vermehrung der nächsten Grenzzellen a c b b etc. (Fig. 4) andauernd fort, wächst der ganze Stammtheil rasch in die Dicke und Länge, und halten die umliegenden Parenchymzellen einen für ihre Ausdehnung ungünstig ungleichen Schritt mit dem der Grenzzellen, so ist klar, dass ein grosser Intercellulargang entstehen kann, und dass zunächst die Ausdehnung der Grenzzellen des Ganges auffallend grösser als die der umliegenden Zellen sein muss. Letztere werden dadurch aus ihrer radialen Anordnung (Fig. 3 Richtung des Pfeils) verschoben, zum Theil zusammengedrückt (s. dieselben Pfeile Fig. 4). Hierdurch und durch das Auftreten tangentaler Wände in den Grenzzellen oder deren Tochterzellen wird die Umgebung des Intercellularraumes zu einem eigenen Schichtencentrum, eine Eigenthümlichkeit der älteren Harz- und Gummiharzgänge von Abietineen, Cycadeen und Terebinthaceen.

Es ist bei genauerer Prüfung mit der Tinctionsmethode mit Leichtigkeit zu constatiren, dass die dem Meristem nahe gelegenen Zellen junger Coniferenzweige lange mit Harz und ätherischen Oelen

in Tropfen gefüllt sind, ehe in dem Gange p (Fig. 1—3. 4) eine Spur Harz nachweisbar. Erst mit der Erweiterung des Raumes des letzteren treten kleine Harztropfen in ihm auf. Ausser Zweifel ist es ferner für genannte Pflanzenformen, dass die Grenzzellen, über deren Entstehung in der so eben geschilderten Weise kein Zweifel ist, zuerst vollständig mit Harz gefüllt sind, ehe merkbare Spuren in den Kanal diffundiren. Es ist möglich, dass dies die Harzbläschen Karsten's sind. Ohne Zweifel ist ferner, dass nicht allein der Nachkommenschaft der 4 primären Grenzzellen a, b, c, d diese Eigenschaft zukommt, sondern auch den Zellen, welche zu dem Schichtencentrum eines Kanales gehören, und durch Zusammendrückung den letzteren an Form und Ausdehnung und Membrandicke gleichwerthig sind. In der Fig. 39 ist das schematische Bild eines Tinctionspräparates, nach einer stärkeren Vergrösserung hergestellt, zu ersehen. Es entspricht einem zarten Querschnitt durch einen jungen einjährigen Zweig (im December), in welchem die primären Gefässbündel durch ein im Sommer schon thätig gewesenen Cambiumring allseitig geschlossen sind. Es sind in den ältesten Gängen der primären Rinde pp, welche, im Frühling angelegt, mit der Zunahme des Areals der ersteren, auch an Areal zugenommen haben, die Harzmassen durch grosse rothe Punkte angedeutet. Die kleineren Gänge der Rinde p sind späteren Ursprungs, und jedenfalls erst gegen das Ende der Vegetationsperiode und nach der Thätigkeit des Cambiumringes entstanden, zum Theil zur Zeit der Musterung (December) erst in Bildung begriffen; sie sind meist durch 4 rothe Punkte angedeutet, welche die Harzinhalte der 4 primären Grenzzellen andeuten. Das Parenchym der primären Rinde findet sich zu dieser Zeit arm an Harz, während es zur Sommers- und Frühlingszeit daran reich ist. Die Gänge sind dagegen ganz erfüllt. Die Zellen des Cambium führen bei Pinus excelsa in unserem Präparat kein Harz, dagegen ist der reichliche Harzgehalt der jüngsten, dem Cambium angrenzenden Holzzellen durch die punktirte Zone ii angedeutet. Desgleichen sind die Markstrahlzellen mit Harztröpfchen erfüllt (dd). In dem älteren Holze sind harzführende Intercellularräume (dd) sehr regelmässig gestellt, jedem durch 2 primäre Markstrahlen getrennten Bündel kommt ein Harzgang zu (dd), dessen Ausdehnung verschwindend klein gegen den der primären Rinde ist. Derselbe kann sowohl durch das seitliche Auseinanderweichen von Holz-, als auch Markstrahlzellen hergestellt werden; im ersteren Falle ist seine Längsausdehnung ebenso unbegrenzt, wie der der meisten Gänge der Rinde; im zweiten Fall meist

nur von der Höhe des Markstrahls. An der kurzen Fortsetzung der radial verlaufenden rothpunktirten Linien über die Cambiumzone nach Aussen ist zu ersehen, dass die cambiale Thätigkeit erst kurze Zeit gewährt hat; der ausserhalb des Cambium gelegene Theil entspricht dem durch cambiale Thätigkeit entstandenen Theil der secundären Markstrahlen.

Innigere Beziehungen als die bis jetzt geschilderten, zwischen Wachsthum der Achse in transversalen Richtungen und Ausdehnung der Intercellularräume in verschiedenen Zeitabschnitten, werde ich weiter unten in einem besonderen Abschnitt auseinanderzusetzen haben. Dass das erste in der Nähe des Meristems beobachtete Auftreten von Harz und ätherischem Oele bei den Coniferen in dem jüngsten Achsentheile in den Parenchymzellen stets in Form kleinster Tröpfchen wahrzunehmen ist, braucht wohl kaum bemerkt zu werden. Zu erwähnen habe ich noch, dass man in eben solchen Theilen stets Amylum findet, in dem Zustande kleinster Körner, den man seit Sachs's Untersuchungen: über Translocation der Zellstoffbildner, den Zustand der transitorischen Stärke nennt. Auch findet man zur Ruhezeit in nicht meristemartigen und parenchymatischen Zellen, wie Holz- und Holz-Markstrahlzellen, sehr oft grosse Stärkekörner, wie schon Dippel zeigte (bot. Zeit. 63), mit Harzüberzug oder mit naheliegenden Harztropfen beisammen in einer Zelle. Nirgends zeigten sich mir indess in jungen frischen Achsentheilen Verhältnisse, welche auch nur im entferntesten erlaubten anzunehmen, grössere Harzmassen wie sie in den Gängen angesammelt seien anders dahingelangt, als durch Diffusion von Zelle zu Zelle, von der Gegend harzreichster Zellen ausgehend, in transversaler Richtung nach dem Orte massigster Ansammlung in einem Raum. Ebensowenig kann ich aus dem blossen Vorhandensein von Amylum und Harz in einer Zelle Anhaltspunkte eines directen Uebergangs des ersteren in letzteres erblicken, im Sinne einer Pseudomorphose. Die von Wiegand geschilderten Erscheinungen haben mit der Frage des ersten Auftretens der Harze und Oele gar nichts zu thun. Eine Verwandlung grosser ruhender Stärkekörner in Harz ohne Formänderung ist mir bis jetzt nirgends vorgekommen. Nirgends beobachtete ich, bei genauester Musterung kleiner und grösserer Harztröpfchen, eine Structur, welche eine Schichtung andeutete; von der Bläschen- oder Zellennatur Karsten's solcher Körper gar nicht zu reden. Die Annahme der Diffusion soll und kann uns selbstverständlich lange noch nicht die eigenthümlichen Beziehungen der Stellung der Harzgänge zu den Gefässbündeln er-

klären. Die Frage, warum gerade an 5—6 oder so viel genau abgezirkelten Stellen Secretionsbehälter auftreten, warum nicht ergiessen sich diese Secrete bei Annahme einer Diffusibilität solcher nach allen transversalen Richtungen durch die Zellen der Axentheile in irgend welche Intercellularräume, welche ihnen unterwegs begegnen, kann durch unsere jetzigen Kenntnisse der Permeabilität der Wände verschiedener Zellen für verschiedene Flüssigkeiten nicht beantwortet werden.

Bei Callitris quadrivalvis und Juniperus kommen zwei Erscheinungen vor, welche schon in früheren Veröffentlichungen theils richtig, theils falsch gedeutet wurden. Es ist einmal das beschränkte Auftreten der Gummosis in den Holzzellen, und ferner die ziemlich vereinzelt stehende des centrifugalen Dickenwachsthums von Zellmembranen im geschlossenen Gewebe, im Sinne der Leisten- und Stachelbildung auf Pollenkörnern, Sporen, Haaren u. a. m. Beide Erscheinungen stehen mit der reichlichen Harzbildung bei Callitris in keiner Beziehung, mögen indess hier Platz finden, da die eine wenigstens vollständig beweisend ist, wenn man sie mit dem, was über die Gummosis bei Cussonia weiter unten gesagt werden soll, vergleicht, dass keinerlei Beziehungen zwischen Desorganisation von Zellmembran (durch Uebergang in Gummi) und Bildung von reinem klaren durchsichtigen Harz (nicht Gummiharz) bestehen. Fertige Holzzellen von Callitris zeigten häufig die sogenannten secundären Schichten auf das unregelmässigste von Lücken durchsetzt, wie die Abbildungen Fig. 8 u. 10 dünner Quer- und Längsschnitte zeigen (ii). Es verlaufen diese Lücken oft parallel den Schichten der Zellwand, oft mehr oder weniger sie schief durchsetzend, oder einseitig in das Lumen der Zelle mündend, andererseits quer durch mehrere Schichten setzend. Alles Anzeigen einer Corrosion, deren Verlauf von dem Lumen der Holzzelle ausgehend, also centrifugal ist. Die sogenannte primäre Membran erscheint in der Regel intact. Frank (dieses Jahrbuch H. 2: Ueber die anatom. Bedeutung von Gummi etc.) deutet diese Erscheinungen als wirkliche Gummificirung, welche die Verdickungsschichten unregelmässig in centrifugaler Richtung durchsetzt. Ich überzeugte mich von der wirklichen Desorganisation solcher Zellen durch die Beobachtung, dass nicht allein an den corrodirten Stellen (Fig. 8 ii) die Membran auf das polarisirte Licht wirkungslos ist, sondern dass dies von der ganzen Zellwand der Zellen ii gilt, während die nächstliegenden Holzschichten ab (Fig. 8) die normalen Verhältnisse der Doppelbrechung zeigen. Es erscheinen ganze

Partien, wie die mit ii bezeichneten der Fig. 8 bei gekreuzter Stellung der Nicols ausgelöscht. Es kommt diese Erscheinung partieller Quellungsfähigkeit, die bei Callitris im Holz zu beobachten ist, mit derselben in Stamm und Wedel von Angiopteris pruinosa überein, wo in der Gefässwand die Gummosis centrifugal, in der Parenchymzelle centripetal verläuft. Bei Callitris habe ich nur noch zu erwähnen, dass der Uebergang starrer Membranen in lösliche Masse nicht allein in transversaler Richtung eine genau verfolgbare Richtung einhält, sondern auch in longitudinaler. Man beobachtet nämlich im Längsschnitt stets, dass die beschriebenen Corrosionen in den Spitzen der Holzzellen ihren Anfang nehmen. Fig. 10 stellt eine Abbildung der Spitzen eines Holzzellencomplexes dar. Der mittlere Theil jeder Holzzelle zeigt die normalen Verhältnisse.

Die zweite auffällige Erscheinung bei Callitris ist zuerst schon von Hartig für Juniperus (Die forstl. Culturpflanzen Tafel 10 s. Erklärung der Abbild.) erwähnt und nach meiner Untersuchung falsch gedeutet worden. Der Bau der secundären Rinde ist ein sehr einfacher: genau radiale Reihen in der Verlängerung der Cambiumzellen im transversalen Schnitt, bestehen, in derselben Richtung vom Cambium ausgehend, aus einer Bastzelle, eine oder mehrere Bast-Parenchymzellen, eine Bastzelle, eine oder mehrere Parenchymzellen u. s. f.; s. in Fig. 8 c—d eine kleine Partie der Rinde. Eine jede derartige Reihe ist von der nächsten getrennt durch einen schwarzen Streifen (bei dicken Schnitten), in welchem man zahlreiche, stark lichtbrechende Körperchen erblickt (dd). Grosse Flächen von Querschnitten gemustert, zeigen alsdann ein sehr regelmässiges System radialer, vom Cambium c Fig. 8 ausstrahlender Streifen. In tangentaler Richtung fehlen dieselben zwischen den Zellwänden. Hartig sieht diese Räume als Intercellularsysteme an, was sie auch sind, welche mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt sind, in welchen Körnchen suspendirt sind. Ich fand bei gesteigerter Vergrösserung, dass Luft der Inhalt solcher Intercellularstreifen, welche in einem Capillarsystem zwischen Protuberanzen äusserst hartnäckig haftet; durch totale Reflexion an den Flächen der kugeligen Protuberanzen der Zellwand entsteht die Dunkelheit dieser Streifen. Ich überzeugte mich aufs Deutlichste, dass die Körner wirkliche locale Verdickungen der Aussenseite einer jeden radialen Längswand und einer solchen jeder Bast-und Bastparenchymzelle ist, wie die Fig. 8 u. 9 bei d zeigen. Diese Längswand, bei den Bastzellen zuweilen als einzige Lamelle isolirbar, erscheint (die Protuberanzen von ihrem Scheitel gesehen) granulirt; Seitenansichten

zeigen sie als kugelige Wärzchen, deren Basen in die Wandfläche continuirlich übergehen. Die Unbeweglichkeit bestätigt weiter diese Annahme. Bei äusserst dünnen Schnitten ist das capillare Luftsystem vernichtbar, der schwarze Streif ist dann auch verschwunden. Die radiale Wand der Bastzelle im cambialen Zustand zeigt diese Verdickungen nicht, ein Intercellularraum ist in diesem Zustande nicht vorhanden, wenig vom Cambium entfernter gelegene Bast- und Parenchymzellen zeigen schon diese Bildungen. Die Innenfläche der genannten Zellen zeigt in keinem Stadium eine unebene Begrenzung. Man könnte hier die Bildung centrifugaler Verdickungen einer ähnlichen Corrosion, wie sie bei der Holzzelle derselben Pflanze geschildert wurden, welche bei der Bastzelle nur die radialen Wände ergreift und in centripetaler Richtung die Zellwand durchsetzt denken. Die geringe Dicke der granulirten Aussenschicht, ferner das Verhalten der ganzen Membran in polarisirtem Lichte widerlegen diese Annahme. Der Querschnitt der fraglichen Zellen reagirt in normaler Weise doppelbrechend. Die Wärzchen zeigen bei gekreuzter Stellung des Nicols die stärkste Beleuchtung, die luftführenden Capillarräume erscheinen dunkel. Die Wand bis zum Lumen erscheint gleichfalls stark doppelbrechend. Es bleibt somit keine andere Deutung als die einer localen centrifugalen Verdickung der Zellmembran — ein für in geschlossenem Verband stehende Zellen seltener Fall.

Die secundäre Rinde von Callitris bietet das geeignetste Untersuchungsmaterial, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass bei der Bildung des in allen Parenchymzellen vorhandenen klaren Harzes und dessen Erguss in Intercellularräume, an eine Resorption der Zellwände gar nicht gedacht zu werden braucht. Die Entwickelung des Harzganges aus einem kleinen tangental verlaufenden Spalt zwischen mehreren Zellen geht sehr rapid von Statten. Ganz in der Nähe des Cambium liegen im transversalen Schnitte in gesonderten, im Querschnitt elliptischen (grosse Axe dieser Ellipsen in die Tagente gestellt) Räumen sehr grosse Harzmassen, dass man bei flüchtiger Musterung glauben müsste, hier ist offenbar Gewebe resorbirt worden. Benutzt man hingegen den schon erwähnten regelmässigen Bau der Rinde bei der Musterung, so erhält man in den radial verlaufenden schwarzen Intercellularstreifen (dd Fig. 8) ein Abscissen-, in den tangental geordneten Bastzellen (ll Fig. 8) ein Ordinatensystem von grösster Regelmässigkeit für grosse Rindenquerschnitte. Mustert man jetzt das Areal eines mächtigen harzerfüllten Ganges, dessen grosser Durchmesser parallel den Ordinaten etwa dem Abstande von 6—8 Abscissen,

dessen kleiner etwa 3—4 Ordinaten umfasst, so findet man wohl an dem Harzgang ankommend einen bogigen Verlauf der Ordinaten, aber keine Unterbrechungen der Bast- oder Parenchymzellenreihe, welche die Ordinate bilden, und mit der Continuität der Ordinate ist selbstverständlich in unserem System die Vollzahl der Zellreihen (Abscisse) in radialer Richtung bewiesen. Zusammengedrückt in radialer Richtung wird man wohl die tangentalen Reihen finden, aber auch nicht in der Resorption einer einzigen Zellwand, die Communication des Zelllumens mit dem Intercellularraum constatiren. Die Bastparenchymzellen, welche auseinanderweichen zur Bildung des Sandaracganges, zeigen keinerlei Zellvermehrung, wie sie bei den Abietineen und den Cycadeen vorkommt; die secernirende Grenzzelle des ersteren zeigt keinerlei bevorzugtes Wachsthum, wie bei Pinus, welches der Theilung durch radial gestellte Wände vorausgeht. Die Grössenzunahme des Kanals erfolgt hier dafür durch das rasche Auseinanderweichen einer grösseren Zahl von Bastparenchymzellen in tangentaler Richtung. Ein ähnlicher Verlauf der ersten Bildung des Ganges bei Pittosporum, möge den Mangel einer Zeichnung für Callitris ersetzen (s. Fig. 28, in welcher der eben gebildete spaltenförmige Intercellularraum abgebildet). Die Grenzzellen des Sandaracganges wirken nicht auf polarisirtes Licht.

Cycadeen.

Es wurde mir trotz dem Mangel frischen Materials möglich an der reichen Präparatensammlung über Entwickelungsgeschichte der Axe, welche Herr Prof. Hofmeister mir zu leihen die Güte hatte, Gelegenheit, Zustände der sogenannten Gummigänge in allen nöthigen Entwickelungsstadien zu mustern, deren Verbindung mir nachstehende Schilderung erlaubt. Die Stellungsverhältnisse dieser Gänge, sowie das Wesen der Gummi- oder Gummiharzmassen konnte an diesen Präparaten, deren Herstellung einen anderen Zweck hatte, allerdings weniger ins Auge gefasst werden. An zahlreichen sehr dünnen Schnitten aus dem Scheitel junger Wedel zeigten sich die fraglichen Intercellularräume in allen Stadien der Entwickelung. Es ist um so leichter in der genannten Gegend die Bedeutung solcher zu ermitteln, als in Meristemzellen das Vorkommen kleinerer Intercellularräume in den Winkeln der Membranflächen sich berührender Zellen nirgends bekannt ist. Der jüngste Zustand des gummiführenden Intercellularraumes ist nun gerade in einem solchen Gewebe zu beobachten, wo alle Membranplatten der am fraglichen Intercellularraum

nicht betheiligten Zellen durchaus lückenlos aneinanderschliessen. Alle Zellen solcher Partieen sind bei Cycas revoluta mit einem die Zelle ausfüllenden vacuolenlosen Protoplasma mit grossem centralen Zellkern versehen (Fig. 13 kleine Meristempartie). Eine Gruppe von 4 Zellen zeigt eine Ausnahme, indem sie in dem allen gemeinschaftlichen Punkte auseinanderweichen. Zunächst sind diese 4 Zellen allen umliegenden bezüglich des Zellinhaltes und der Ausdehnung gleichwerthig. In der weiteren Ausbildung treten jedoch mancherlei Abweichungen in der Grösse ein, welche diese 4 secernirenden Zellen von den umliegenden kennzeichnen. In wenig tiefer gelegenen Querschnitten erkennt man, dass die 4 Grenzzellen oder deren Tochterzellen im cambialen Zustande verharren, insofern sie ebenso reich an protoplasmatischen Zellinhalten verbleiben, allseitig an ihre umliegenden Nachbarzellen dicht anschliessen, während diese letzteren, in dem Ueberganszustand in Dauergewebe begriffen, zunächst eine Vacuole bekommen und zwischen ihren Wänden luftführende Intercellularräume zeigen. (Fig. 14. In dieser Figur ist nur der Zellinhalt der an der Gummigangbildung betheiligten Zellen abgebildet.) Während in den gewöhnlichen Parenchymzellen allmählich der Zustand definitiver Streckung erreicht wird, tritt in den zunächst einen 4seitigen Kanal umgebenden Grenzzellen 1, 1, 1 (Fig. 13 u. 14) eine andauernde Zelltheilung zunächst durch tangentale Wände ein, diesen folgen radiale Wände; oder es wächst die Zahl der Grenzzellen und damit die Seitenzahl des Ganges durch zuerst auftretende radiale Wände. In Fig. 14 sind die Grenzzellen auf 4, den 4 primären Zellen entsprechende Complexe zurückführbar: 1 oben links 3zähliger Complex durch 2 radiale Wände in der gleichgelegenen Zelle 1 Fig. 13 entstanden; 1 oben rechts 2zähliger durch eine radiale Wand; 1 unten links eine tangentale Wand bildete 2 Zellen, radiale Wände in jeder solchen bildeten einen 4zähligen Complex, von welchem 2 Zellen dem Intercellularraum angrenzen; 1 rechts unten 3zähliger Complex, durch eine tangentale und eine radiale Wand in der den Gang angrenzenden Zelle. Fortgesetzte Theilung durch radiale und tangentale Wände bringen den Gang bald zu einem bedeutenden Areal, die Bildung tangentaler Wände schreitet in centripetaler Richtung (in Bezug auf den Gang) fort. Die peripherischsten, durch diese Zellbildung gebildeten Zellen werden denjenigen der Nachbarschaft gleichwerthig, letztere werden an ihrer allseitigen Ausdehnung gehindert, vorzüglich in der Richtung der Peripherie des naheliegenden Ganges gestreckt und bilden bald einen Zuwachs des eigenthümlichen

Schichtensystems, dessen Zellen von den auf die zuletzt beschriebene Weise gebildeten nicht mehr zu unterscheiden ist (d Fig. 15). Der ältere Gang ist ein Cylinder, begrenzt von 30—40 Zellen, das Schichtencentrum kann 20—30 Zellen in radialer Richtung enthalten. Die Membranen der Zellen, welche den Gang begrenzen, bleiben stets von auffallender Zartheit, die Zelleninhalte der Grenzzellen stets schleimiger, wasserärmer, als die benachbarten Dauerzellen.

Ausser den Gängen, welche auf beträchtliche Strecken die Pflanze durchsetzen und stets mit dem Wachsthum des Vegetationspunktes in longitudinaler Richtung in ebensolcher mit dem Achsentheil an Ausdehnung zunehmen, treten noch secundäre Gummigänge auf, deren Ausdehnung in longitudinaler und transversaler Richtung beschränkter ist. Auch diese entstehen durch blosses Auseinanderweichen secernirender Zellen, oft in einem Stadium der Zellen, in welchem solche ihre definitive Streckung in den angegeben Richtungen beinahe erreicht haben. Alsdann kann und muss das Querschnittsareal des Intercellularraumes ein der nach seiner Anlegung noch stattfindenden Dehnung der Grenzzellen proportional beschränktes sein. Das Wesen der Entstehung solcher Gänge ist bei den Araliaceen und Umbelliferen das nämliche, weshalb man das Nöthige hierüber dort nachsehen kann.

Terebinthaceen.

Die Rinde der Terebinthaceen gehört mit zu den harzreichsten Pflanzentheilen. Zahlreiche vom Cambium nach Aussen an Mächtigkeit zunehmende Harzgänge von unbegrenzter longitudinaler Erstreckung stehen zwischen den Markstrahlen in radialen Reihen. Einem schmalen Holzbündel kommt in der Regel eine Reihe, den breiteren zwei Radialreihen solcher Gänge zu (Fig. 6). Der Entwickelungsgang derselben ist im Wesen der der Coniferen, eine Abweichung besteht indess in dem Nichtauftreten tangentaler Wände in den 4 ersten Grenzzellen. Die secernirenden, den Gang umgebenden Zellen bestehen aus einer Zellschicht, welche vielzählig durch nur radial verlaufende Wände in den 4 primären Grenzzellen entstanden ist. Die ersten Stadien des Intercellularraumes lassen sich bei Rhus viminalis (Fig. 11) und Pistatia (Fig. 12) in den cambialen Rindenzellen leicht verfolgen. Erstere Figur zeigt das Auseinanderweichen von 4 zwei radialen Zellreihen angehörigen Zellen p; letztere das Auseinanderweichen einer grösseren Zahl von Zellen derart, dass ein radial gestellter spaltenförmiger Intercellularraum entsteht. In beiden Fällen

ist durch Abzählen der Zellen in den Radialreihen leicht zu constatiren, dass auch hier an eine Resorption nicht gedacht zu werden braucht. In Fig. 12 gehören die Grenzzellen a b c e der Radialreihe 2 an, f und d sind Schwesterzellen zu c e aus einer Zelle der Reihen 2, 3, 4 entstanden. An der einen Seite ist dieser Gang p durch die continuirliche Radialreihe 1 begrenzt. Das Mastixharz, sowie das der Rhusarten ist in den Gängen als vollkommen klare Flüssigkeit secernirt, und lässt sich leicht mit Alcanna tingiren; Fig. 6 zeigt ein derartiges Tinctionspräparat (s. Erklärung der Abbildungen).

Die Parenchymzellen der Rinde genannter Pflanzen führen zur Herbstzeit reichlich Amylum und Krystalle. Im Sommer fliesst aus den Schnittflächen ein milchiger Saft, es ist eine Emulsion von gummiartigen Körpern und Harz. Es ist nun von Interesse für die Entwickelungsgeschichte, wie sich solche Emulsion verhalte zu den nicht milchigen, klaren Harzmassen, wie sie in den Gängen vorkommen.

Mustert man einen frischen dünnen Querschnitt durch die Rinde zur Herbstzeit, so erkennt man (Fig. 6 u. 7) deutlichst, dass das Secret der Harzbehälter aus einer vollständig homogenen klaren Harzmasse besteht, während sämmtliche Zellen der secundären Rinde zum Theil erfüllt sind mit vorzugsweise wässerigem Inhalt, in welchem zahlreiche kleine klare Harztröpfchen suspendirt sind, zum Theil mit einer emulsionsartigen Flüssigkeit, welche in dickeren Schichten vollständig undurchsichtig, in dünneren trübe, körnig, durchscheinend erscheint. Die Zellen mit diesem Inhalte liegen keineswegs regellos zwischen den reines Harz in Tropfen führenden, sondern in tangentalen Zonen, Fig. 7 (s. Erklärung der Abbildungen).

Die Alcannatinction, mit dem Ausziehen des Harzes durch Alkohol verbunden, angewandt, giebt über die Vertheilung der genannten Bestandtheile vollkommenen Aufschluss. Tingirt man einen das Cambium und die Rinde bis zum Kork einschliessenden dünnen Querschnitt, so erscheinen die Inhalte sämmtlicher Zellen roth gefärbt, sowohl die mit Emulsion, als auch die mit klaren Harztropfen oder grösseren Massen solcher gefüllten. Selbst die Membranen des Korks (l Fig. 6), sowie die Zellinhalte der Cambiumzellen erleiden diese Färbung. Wäscht man nach der Tinction den Schnitt mit absolutem Alkohol sorgfältig aus, so verschwindet mit dem Träger des Pigments in dem Präparat auch jegliche Färbung. Der Schnitt zeigt nun in Wasser liegend und mit frischer Jodlösung behandelt folgendes Verhalten: Alle Zellen, welche klares Harz und wässerige

Flüssigkeiten enthielten, sowie die Secretionsbehälter sind leer (h h, p Fig. 7). Andere parallel (in tangentaler Richtung) verlaufende Zellschichten (a a Fig. 7) zeigen einen feinkörnigen Inhalt. Die Körnchen werden mit frischer Jodlösung gebläut, erweisen sich somit als transitorische Stärke. Die secernirenden Zellen um den Harzkanal entbehren dieser Amylumkörnchen (s. Fig. 7 p). Auffallend wie die Tinction durch Alcanna vor der Auswaschung mit Alkohol ist auch nach dieser die Färbung der Korkzellmembran mit Jod; ferner das Gebläutwerden der Zellinhalte des Cambium, welche vor dem Auswaschen ebenfalls von Alcanna gefärbt erschienen.

Einer Erscheinung partieller Quellung der Zellmembran habe ich hier im Anschluss an die bei Callitris besprochene partielle Resorption zu gedenken. Nicht selten findet man eine beschränkte Fläche einer zweien Zellen angehörigen Membran in zur Fläche senkrechter Richtung aufgequollen. Es kann dieses Aufquellen bis zum Ausfüllen des Lumens der zwei Zellen gehen (Fig. 7 b b). Das Verhalten zu polarisirtem Licht lässt diese auffallenden Protuberanzen einer Membranplatte in zwei Zellenlumina als Quellung und nicht als localisirte centripetale Verdickung auffassen; es wirkt die Schicht b und die centrale Lamelle der ursprünglichen Zellenplatte nicht auf das polarisirte Licht.

Aus den oben erwähnten Reactionen, und einer genauen Musterung eines Tinctionspräparates (wie in Fig. 6 u. 7) erhellt, dass eine Ansammlung grösserer Harzmassen durch Diffusion in den wachsenden Intercellularraum stattfinde. Denn in der Rinde nimmt der Harzgehalt der Markstrahlzellen in centrifugaler Richtung ab, derart, dass in den ältesten Theilen solcher eine geringe Anhäufung wahrzunehmen; dasselbe gilt für die Parenchymzelle im Allgemeinen, während die in Gänge secernirten Harzmassen in dieser Richtung zunehmen (Fig. 6). Im Längsschnitt zeigen die einzelnen Gänge häufig Anastomosen, welche, tangental und radial schief verlaufend, ganz in gleicher Weise entstandene Intercellularräume sind. Bezüglich des Verhaltens der Membran der Grenzzellen habe ich noch zu bemerken, dass diese nur äusserst schwach doppelt brechend sich erweisen. Dass auch hier bei grosser Ausdehnung der Gänge im transversalen Querschnittsareal keinerlei Resorptionen in Betracht kommen, erhellt aus dem Verhalten von Zellen, welche einen Gang umgrenzten, der durch irgend welche Ursache seinen Harzgehalt zum Theil in einen benachbarten Gang ergossen, während in einer etwas tiefer und höher gelegenen Querschnittsebene der fragliche Gang noch mit Harz gefüllt

ist. An der Stelle, von welcher Fig. 5 einen Querschnitt darstellt, zeigen sich die zusammengedrückt gewesenen Randzellen des Ganges wieder in ihrer ursprünglichen Lage den Intercellularraum ausfüllend.

Die innige Mengung transitorischer Stärke mit Harz zu einer emulsionsartigen Flüssigkeit in den jugendlichen Rindenparenchymzellen kann als das nothwendige Zusammentreffen von Stärke und Harz angesehen werden, wenn man bedenkt, dass die Stärke, welche das Holz und den Holzmarkstrahl im Winter füllt, die Rindengegenden (abgesehen von der longitudinalen Wanderung vom jüngeren zum älteren Stammtheile) im Herbste in centripetaler Richtung zu durchsetzen hat, während das Harz in den peripherischsten Schichten der Rinde am reichlichsten secernirt und, da es an diesem Orte nicht zuerst auftrat, in centrifugaler Richtung die Rinde durchsetzen muss. Dass diese Vorgänge Diffusionserscheinungen sind, wird nach den Sachs'schen Untersuchungen Niemandem mehr zweifelhaft sein. Da wir keinen thatsächlichen Grund haben anzunehmen, dass vorzugsweise eine bestimmte Gewebeart der Rinde, etwa bloss die Markstrahlen oder bloss die zwischenliegenden Parenchymzellen, für genannte Körper diffusibel sind, sondern, die Diffusion allein wirkend gedacht, Diffusionsströme nach allen transversalen Richtungen stattfinden müssen, so ist zu erwarten, dass in allen Zellen der Achse Harze angetroffen werden müssen, im Holz sowohl als in der Rindenzelle. Dieser Voraussetzung ist denn auch genügt; wir finden Harztröpfchen in den heterogensten Elementen, in Kork und Holzzelle, im Cambium und Dauerparenchym, im Rinden- und Holzmarkstrahl. Zu überlegen ist, dass, wenn wir uns begnügen mit dem bloss physikalischen Erklärungsversuch in dieser einfachsten Form, die Frage, warum gerade der Markstrahl im Holz reicher an Harz ist als das Holz und der Markstrahl der Rinde reicher als die Parenchymzelle der Rinde, die Möglichkeit einer Erklärung dieser Wanderung für Körper, von welchen gar keine Beziehung zum Aufbau verschieden gelegener Organe bekannt ist, eher gegeben sein dürfte, als für dieselben Wanderungserscheinungen von Amylum und Zucker. Nimmt man die physiologische Bedeutungslosigkeit einstweilen an, und denkt sich das Harz in den Parenchymzellen der primären und secundären Rinde, sowie in den Meristem- oder solchen nahe gelegenen Zellen entstanden, so wird, die Diffusion allein wirkend, da eine Strömung durch örtlich eintretende Verwendung zum Aufbau von Membranen nicht besteht, das nächste Ziel der fraglichen Körper die Peripherie der Rinde sein, weil in den centrifugalen Richtungen die Membran-

widerstände am geringsten sind, denn Zahl und Dicke der passirbaren Membranen sind in solcher Richtung für einen gegebenen Raumtheil geringer, als in irgend andern Kreisrichtungen (tangentaler oder centripetaler). Die Quantitäten der fraglichen Körper in den Zielpunkten (Peripherie und Centrum) müssen sich in irgend einem Verhältniss umgekehrt verhalten zu der Arbeitsgrösse, welche in dem Passiren einer Membran zu leisten ist. Diese Grösse ist aller Voraussicht nach für die Richtung nach dem Centrum des Holzkörpers für gleiche zu durchwandernde Raumtheilchen grösser als für die entgegengesetzten. Die Massenanhäufungen der Harzkörper in beiden Gegenden entsprechen, wie gesagt, diesen Voraussetzungen. Dafür, dass Harzkörper Holzzellen in transversalen Richtungen durchsetzen, liefert das Vorkommen von Tröpfchen solcher Körper in Holzzellen, sowie die vollständige Tränkung letzterer hinlängliche Belege.

Anders mit der Frage, warum treten an so ganz bestimmten Stellen die Zielpunkte der Diffusionsströme in den günstigen centrifugalen Gegenden selbst auf? warum sind die Secretionsbehälter im Querschnitte oft in geometrisch genauen seitlichen Abständen vorhanden? Diese Frage ist selbstverständlich eine erlaubte und mit der Annahme einer allseitig gleich wirksamen Permeabilität pflanzlicher Membranen nicht erledigt, ebensowenig wie zur Zeit nach denselben Voraussetzungen erklärt sind die Amylum- und Protoplasmaströme in bestimmten Bahnen, welche Sachs genauer studirt hat.

Umbelliferen und Araliaceen.

Bei den bis jetzt betrachteten Pflanzen kam als Secret nur in Betracht ein homogener Körper, Harz benannt. Die jetzt vorliegenden Pflanzen können in Behältern, deren Entstehung ganz ähnlich denjenigen der Coniferen und Terebinthaceen, die verschiedensten Gemische heterogener Körper enthalten, deren Bezeichnungen im gewöhnlichen Leben Gummiharz, Harzlösung in ätherischem Oel und ätherisches Oel sind. Ueber das chemische Verhalten der meisten dieser Körper ist Allgemeines nicht feststellbar.

So verschieden auch die Secrete einzelner Formen dieser nahestehenden Familien sein mögen, ein Zug ist allen gemein: es ist der Entwickelungsgang der Secretionsbehälter. Nirgends sonst kann man sich leichter davon überzeugen, dass Harzbildung und Entstehung von Harzgängen ohne irgend welche Resorption vor sich gehe, dass im Gegentheil letztere im Wesen einer Gummosis neben der Harzbildung und Gummiharzbildung bei einer Pflanze vorkommen mögen,

ohne in irgend welchem Zusammenhang zu stehen, als bei den Araliaceen, Cussonia und Hedera. Nirgends wird man deutlicher Stellungsverhältnisse der Secretionsbehälter finden, welche auf eine engere Beziehung zwischen Holzbildung und Bildung ersterer dringend hinweisen und Erklärung fordern.

Die Entwickelungsgeschichte des Einzelganges ist für beide Familien der gleiche. Die Vertheilung der Gänge ist für beide verschieden. Wenden wir uns zunächst zur Bildung des Intercellularganges. Die ersten Stadien in einer Transversalebene bestimmt gestalteter Intercellularräume zeigen sich bei älteren Achsentheilen im cambialen Rindengewebe und sind hier vorzugsweise leicht zu beobachten. Mächtige Schichten jugendlicher secundärer Rindenparenchymzellen (bei Cussonia) lassen sich leicht in radialen Reihen abzählen (Fig. 16. 17 c d). Vollkommen lückenlos schliessen dieselben aneinander mit Ausnahme sofort in die Augen springender 4zähliger Complexe von Zellen, welche in äusserst regelmässiger Weise in radiale und tangentale Reihen geordnet sind (p_I p_{II} etc. Fig. 16). Der Entwickelungsgang in der Transversalebene beobachtet, braucht wohl, neben der Musterung der genannten Figur, kaum noch angedeutet zu werden. Die regelmässige Anordnung der Cambiumzellen und ihrer nach aussen gelegenen Tochterzellen lassen eine Abzählung zu, welche die Annahme einer Resorption nicht zulässt. Selbstverständlich muss der Gang von so viel longitudinal verlaufenden Seiten begrenzt sein als Zellen auseinanderwichen. Die Vierzahl solcher ist die häufigere. Kurz nach dem Auftreten eines 4seitigen Ganges p_3 beugen sich die 4 äusserst dünnen Wände in das Zelllumen, dem sie angehören, convex ein; der Gang wird cylindrisch (p_V p_{VI}). Das erste Auseinanderweichen vierer Zellen ist von einer partiellen Quellung der den Gang begrenzenden Flächenstücke begleitet (wenn nicht eingeleitet). Die Zahl der Grenzzellen des Ganges wird bald gesteigert durch das regelmässige Auftreten radial (p_V p_{VII} Fig. 17) und tangental gestellter Wände (Fig. 18, 17). Bezüglich der Zellenzahl, welche den Gang begrenzt, zeigt sich hier gerade am deutlichsten die Abhängigkeit der Gestalt des Ganges von dieser. An der Bildung von p_I Fig. 17 nahmen 3 Zellen, an der Bildung vieler, transversal und tangental schief verlaufender nehmen nur 2 Zellen Theil (s. pp Fig. 19). Die Gummiharzgänge der Araliaceen verlaufen in der grosse Mehrzahl durch lange Strecken longitudinal. Die transversale Ausdehnung des Ganges kann nur eine von der nachträglichen Streckung der Grenzzellen und der Rindenparenchymzellen im allgemeinen abhängige sein.

Nur wenige peripherische Gänge bei Cussonia und Hedera (Fig. 22 h) nehmen eine grössere Ausdehnung in der Transversalebene an, ähnlich den grossen Harzgängen der Coniferen und Cycadeen, und sehr spät erst tritt von aussen nach innen eine selbstständige Vermehrungsfähigkeit der Grenzzellen ein, welche den ursprünglichen 4zähligen Complex p Fig. 16 verwischt. Es entstehen dadurch und durch eine intensive Zellvermehrung im Cambium concentrische Saftkreise um das Cambium von grosser Mächtigkeit (bei einem 4" dicken Stamme der Cussonia beträgt die Dicke solcher Schicht 3—4 MM). Die Fig. 17 stellt in radialer Ausdehnung etwa den 20sten Theil dieser Schicht dar. In Fig. 19 ist die Längsansicht eines Ganges der Cussonia im optischen Durchschnitt (s. Erkl. der Abbild.); eine Partie der Grenzzellen zeigt ein System zu dem Gang a b c d senkrecht verlaufender und in ihn einmündender Zweiggänglein p, p. p. Es konnten sich an der Bildung je eines Raumes dieser offenbar nur 2 Zellen m m betheiligen; dieselben erscheinen denn auch im Querschnitt als Linsen (p p. p,); ihre körperliche Ausdehnung muss die eines Linsencylinders sein. Von allen Ebenen, zu welchen senkrecht solche Gänge verlaufen können, ist die Transversalebene die günstigste für eine regelmässige Anordnung der Querschnitte solcher Secretionsbehälter (Fig. 17, 22), sodann folgt die Tangentalebene (Fig. 19), und zuletzt die Radialebene. Ein zur letzteren genau senkrecht laufender Intercellulargang wird am meisten mit Schwierigkeit zu ringen haben, will er sich über die Länge mehrerer Zellen erstrecken und seine gradlinigte Richtung stets beibehalten. Die Möglichkeit gedacht, dass nach allen Richtungen das geschilderte Auseinanderweichen ganz unabhängig von dem molecularen Verhalten der Zellmembran sei, so ist die geringste Schwierigkeit für zur Transversalebene, die grösste für zur Radialebene senkrecht verlaufende Secretionsbehälter. Das relativ seltene Vorkommen tangential schief laufender Gänge entspricht dieser Voraussetzung.

Masse und Verhalten der Secrete können, wie bereits angegeben, für sehr nahe stehende Pflanzen ganz verschiedene sein. Cussonia scheidet hauptsächlich eine schleimig quellende in Wasser sich vertheilende Flüssigkeit aus; bei Hedera ist diese mehr harzig, weniger schleimig. Das Hedera-Secret, welches in die Gänge gelangt, ist nur Harz; dasselbe ist, noch ehe es in den Gang p Fig. 23 diffundirt, unter allen Rindenzellen vorzugsweise in den Grenzzellen des Ganges angesammelt. Die Tinctionsreaction liefert auch hier den Nachweis, dass das Auftreten kleiner Harzmassen ein allseitigeres und nicht

auf die Orte späterer grösster Massenanhäufung beschränkt ist. Fig. 22 (s. Erkl. der Abb.) zeigt auch hier das auffällige Verhalten der Markstrahlen, dessen ich schon bei Callitris und Pinus gedacht. Die Voraussetzungen, welche bei Rhus besprochen, finden auch hier ihre Belege, indem die Musterung grosser Flächen der Rinde (Fig. 22) ergeben, dass der Harzgehalt in den Markstrahlen in Richtung des Pfeiles a, die Ausdehnung der Gänge und die in ihnen secernirte Harzmasse in Richtung des Pfeiles b zunehmen (Fig. 22). Hinsichtlich des Verhaltens der aus den Schnittflächen quellenden Secrete ist noch zu bemerken, dass in dem der Cussonia vorzugsweise Schleim und Gummi und wenig Harz, welches indess mit Alcanna tingirt, in kleinen sphärischen Ballen sicher nachweisbar ist, während das im Epheu im allgemeinen spärlicher vorkommende und in Hanfsamen grossen Tropfen auf den Schnittflächen auftretende Secret ein im frischen Zustande wasserhelles, an der Luft schnell braun werdendes Harz ist, welches, wie die Abbildungen 22—24 zeigen, leicht mit Alcanna schön roth zu färben ist.

Die Erscheinung einer partiellen Quellung der Membran einer Gefässzelle ist bei Cussonia leicht zu beobachten; sie ist indess für den ganzen Holzcylinder so vereinzelt (nie sah ich sie auch nur bis zur sogenannten primären Membran einer einzigen Gefässzelle vorschreiten), dass auch nicht der entfernteste Grund vorliegt, anzunehmen, es verdanken alle diese, zum Theil auf verwickelte chemische Vorgänge während ihrer Entstehung deutenden, Secrete dieser Schleimbildung ihren Ursprung. Auch steht die Masse des so gebildeten Schleimes zu der Masse des Secretes im auffallendsten Missverhältniss. — Wir werden bei Musterung vieler Astragalus- und Prunus-Arten finden, dass die Gummosis keineswegs in dem Wesen dieser Pflanzen begründet ist, mithin bei der Mehrzahl der Individuen nicht eintritt, bei keinem einzutreten braucht; während man vergebens nach harzfreien Coniferenknospen, nach harzfreier Epheurinde suchen wird.

Der Harz-, Gummiharz-Essenzgang der Umbelliferen ist in seiner morphologischen Bedeutung dem der Araliaceen ganz gleich; Zahl und Stellung solcher Gänge ist indess für verschiedene Pflanzentheile ebenso verschieden als die betreffenden Familien bezüglich ihres Holzkörpers, Lebensdauer und Wachsthumsweise verschieden sind. Ich habe bei den Umbelliferen die Bildung der Secretionsbehälter in der Wurzel vieler Formen untersucht. Der Entwickelungsgang ist der gleiche, wie der der bisher geschilderten Intercellularräume; bezüglich der Zahl

der Grenzzellen ist nur zu sagen, dass bei vielen Umbelliferenwurzeln diese Zahl selten über die der ursprünglich auseinanderweichenden Zellen wächst, dass wir hier den einfachsten Fall dieser Bildung gegenüber dem complicirteren Vorgang der fortgesetzten Theilung der Grenzzellen bei Cycadeen und Coniferen vor uns haben. Es muss nach diesem Verhalten die Ausdehnung des Intercellularraumes in einer transversalen Ebene bemessbar sein, in der transversalen Ausdehnung der in longetudinaler Richtung den Gang begrenzenden Zellwände. Die Grenzzellen a b c d und 1. 2. 3. 4 Fig. 26 (s. die gleichgelegenen Fig. 26, 27, 28) sind in Hinsicht des Wachsthums und der nachträglichen Zellenvermehrung fast vollständig gleichwerthig den umliegenden nicht an der Grenzbildung betheiligten Parenchymzellen. Die Beziehungen, die dadurch zwischen dem Querschnittsareal des Ganges und der nachträglichen Streckung aller Parenchymzellen entstehen müssen, sowie weitere Beziehungen zwischen regelmässiger Holzbildung in gegebenen Richtungen und ebensolcher Gangbildung sind für einen letzten Abschnitt dieser Arbeit vorbehalten, und hätte ich hier noch Einiges über die Vertheilung und Wesen der emulsirten Harze zu sagen. Reihet man sich die drei Zeichnungen (Fig. 25, 26, 27), welche, wenigstens für die Anordnungen der Zellen und Vertheilung der Harztröpfchen, sorgfältig, und nach gesteigerter Vergrösserung (Hartnach's Immersionssystem 9) geeigneten Tinctionspräparaten von Ferula orientalis entnommen sind, derart aneinander, dass Kante d d von 25 mit Kante d d von 26 und diese mit der gleichbezeichneten von 27 parallel laufen, und denkt sich noch gleichgestaltete grössere Flächenstücke eingeschaltet, so bekommt man eine Vorstellung von der Vertheilung von Harz und Gummiharz in den Zellen vom Cambium c c Fig. 25 und einer kleinen Partie des Holzes bis zu den Zellen des jüngsten Korkes l Fig. 27. Ueber den morphologischen Werth der Gummiharzgänge, p dieser Figuren, kann ich nach der Betrachtung derselben bei Cussonia und Hedera auf die Erklärung der Abbildungen und auf den letzten Abschnitt dieses Aufsatzes verweisen.

Die milchige Flüssigkeit, welche aus der Schnittfläche einer Ferula oder Bubon hervorquillt, entspricht in ihrem optischen Verhalten einer künstlichen Emulsion (wie sie die pharmaceutische Technik bereiten lehrt) von Harz oder einer Lösung von Harz in ätherischen Oelen mit gummihaltigen Flüssigkeiten. Die künstliche Emulsion aus Harzlösung in Terpentinöl mit Gummi und Wasser unterscheidet sich von der in den Umbelliferenwurzeln im frischen Zustande vorkom-

menden nur durch die Grösse der Harztropfen. Die Harzmassen in der künstlichen Emulsion (für Oele gilt selbstverständlich dasselbe) sind bis zu dem Punkte mechanisch vertheilt, dass das ganze Gemisch von Oel, Gummi und Wasser milchig erscheint. Dieser Bedingung ist genügt, wenn die Harztropfen der Emulsion in Tropfen wahrnehmbar sind, deren grösster Durchmesser 33—36 Mmm. sein kann. Die natürlichen Emulsionen führen hingegen Harztropfen, welche bei den stärksten Vergrösserungen kaum als Kugeln erkannt werden können. Die Grösse der Tropfen in der künstlichen Emulsion kann durch fortgesetztes Reiben in dem Mörser, in dem die Herstellung vorgenommen, derart verkleinert werden, dass zwischen einer solchen Harzemulsion und einer in den Behältern p (Fig. 25, 27) und den Grenzzellen vorkommenden, gar kein Unterschied bezüglich des optischen Verhaltens besteht. Die künstliche Emulsirung ist nun selbstverständlich nichts weiter als die Arbeitsleistung, welche darin besteht, dass eine grosse Masse meist stärker das Licht brechender Flüssigkeit, mit Gummischleim oder Eiweissschleim derart gemengt wird, dass unzählige Tropfen ersterer Flüssigkeit in letzterer vertheilt werden, und eine Berührung (ein Zusammenfliessen) zweier genäherter Tropfen gehindert ist. Dieser Arbeitsleistung könnte entsprochen werden durch eine Vorrichtung, welche zahlreiche kleine Tröpfchen in eine grosse Masse Gummischleims einträge, eine Vorrichtung wie sie in der Pflanze in den Membranen geboten ist. Nach allem, was wir über die Mechanik der Translocation wissen, ist anzunehmen, dass zu bewegende Zellinhaltsmassen nur in kleinsten Massentheilchen die Zellmembran passiren. Begegnen dadurch gebildete Harztröpfchen jenseits der passirten Membran einer Gummilösung geeigneter Concentration, so sind alle Bedingungen einer Emulsirung des Harzes gegeben. In die Gummimasse werden kleinste Harztröpfchen eingetragen, durch das Verhalten der Gummilösung werden sie an dem Zusammenfliessen gehindert. In der Herstellung der Figuren (Fig. 25—27) wurde versucht darzustellen, dass die Emulsion nur in den Grenzzellen von p. und im Cambium cc Fig. 25 vorhanden, dickere Schichten der Inhaltsflüssigkeit genannter Zellen sind vollkommen undurchsichtig (bedingt durch das nahe Beisammenliegen sehr kleiner sphärischer Tropfen, durch die partielle Schwächung der Lichtintensität, durch totale Reflexion an jedem einzelnen Tropfen). Für die Cambiumzellen, welche stets protoplasmareich, ist die Schleimmasse für die Emulsion selbstverständlich geboten. In den Grenzzellen und in diesen allein

muss eine hinlänglich concentrirte Gummilösung vorausgesetzt werden, eine Voraussetzung, welche, wenn man das Vorkommen grösserer Mengen von Schleim oder Gummi in Einzelzellen, welche mitten in schleimlosen Zellcomplexen liegen, kennt, nichts Befremdendes bietet, wenn auch keinerlei Erklärung dieser Erscheinung gegeben ist. Auffallend und ebenso bis jetzt unerklärlich ist der Erguss der Emulsion als solcher (Gummilösung und Harz) in den Gang p Fig. 25—26. In allen den Grenzzellen entfernter gelegenen Zellelementen findet sich Harz in so grossen Kugeln, dass die optische Reaction, Herstellung eines Bildchens im Brennpunkt des Harzballens wahrgenommen werden kann (s. Fig. 25—26 h). Oft findet sich, wie nur mittelst des Tinctionsverfahrens dargethan wird, ein dünner Ueberzug der Harzlösung auf Amylumkörnern (a Fig. 25). Der jugendliche, den peripherischen Gummigängen angrenzende Kork führt stets Harz (Fig. 27) in kleinen Tropfen. Die Korkzellmembran (Fig. 27) erscheint dadurch in dickeren Schichten nach der Tinction gefärbt; zeigt sich indess in dünneren farblos. Für die Entstehung vieler Gummiharzgänge gilt das bis jetzt Gesagte. Bubon gummifer zeigt die geschilderten Verhältnisse sehr anschaulich (s. Erkl. der Abb. Fig. 28). Die Secretionsbehälter anderer Umbelliferen, welche nur Harze oder Harzlösung in ätherischen Oelen führen, zeigen dasselbe morphologische Verhalten (siehe letzten Abschnitt: Angelica und Imperatoria).

Compositen.

In zwei Formen finden wir in den Achsentheilen dieser Familie auffällige Stoffe in grossen Massen angesammelt, deren Bedeutung für den Aufbau des Pflanzenkörpers nicht erkannt ist. Es sind einmal die Abscheidung von Harz- oder Coutchouckörpern in Form einer Emulsion in Zellen, den Milchsaftgefässen (Bastzellen) Lactuca, Cichorium, und diese können hier nicht betrachtet werden, und ferner klare Harzmassen oder Lösung solcher in Gestalt sphärischer in der Zellflüssigkeit unlöslicher Tropfen: diese werden nur in Intercellularräume secernirt, und von diesen wäre die Analogie mit den besprochenen Secreten darzuthun.

Inula Helenium und Artemisia vulgaris lagen der Untersuchung vor. Erstere ist ausgezeichnet durch sehr grosse ätherisches Oel führende Gänge im Mark des Mittelstockes, bei Gegenwart kleinerer solcher in der Rinde. Letztere Pflanze zeichnet sich durch auffallende Stellungsverhältnisse von ätherischen Oelgängen in der primären Rinde aus. Die Anlage der grossen markständigen Behälter der

Inula geschieht im frühesten Anlagezustand des Achsenstückes, die der rindenständigen im Verlauf der cambialen Thätigkeit ganz wie bei den Umbelliferen. Ausser diesen treten in den Neben- und Hauptwurzeln noch Gänge auf, deren Ausdehnung und Gestalt in transversaler Richtung sehr anschaulich die Abhängigkeit solcher Beziehungen von der Zahl der auseinanderweichenden Zellen und deren noch andauernder Ausdehnungsfähigkeit zeigt. In Fig. 21 entsteht bei p so eben ein 6seitiger Gang durch das Auseinanderweichen von 6 Zellen (1—6). p_1 derselben Abbildung zeigt einen im Querschnitt linsenförmigen Gang von 2 Zellen begrenzt mit einem Inhalt von braunen Oeltropfen. Fig. 20 zeigt eine kleine Partie, welche einen 5seitigen Intercellularraum gleicher Bedeutung versinnlicht.

Von besonderem Interesse ist die Entwickelungsgeschichte der Oelgänge bei Artemisia und Arnica. Dem Verhalten des Zustandes ausgewachsener Wurzeln und Rhizome gemäss ist solche für die Rhizome und Wurzeln beider Pflanzen gleich. Berg hat den zierlichen Bau in mehreren Abbildungen seines Atlanten vorgeführt. Die 5 bis 6 Gruppen genau ebensovielen Holzbündeln gegenüber und ausserhalb der sogenannten Schutzscheide liegenden Oelbehälter der Artemisia vulgaris zeigen in der fertigen Wurzel keinerlei Anzeichen, welche darauf hinwiesen, dass sie entstanden ohne eine Resorption von Zellen. Jüngere Zustände zeigen indess zur Evidenz, dass auch diese Behälter ganz in der gleichen Weise entstehen wie alle bis jetzt betrachteten. Mit der Musterung dieser jüngsten Stadien war die Kenntnissnahme von einer interessanten Entwickelungsgeschichte des Holzkörpers verbunden.

Nägeli[1]) zeigte schon, dass die Anlage der ersten Gefässbündel dicotyler Pflanzen ausserhalb des Centrums der jungen Wurzel beginne an mehreren Punkten und von da in gerader radialer Richtung in das cambiale Mark fortschreitet. Es vereinigen sich dadurch mehrere, selten regelmässig gerade Flächen (im Querschnitt Linien) von Gefässzellen zu einem mehrstrahligen Stern. Ist das Mark durch diesen Vorgang mit Holzmassen erfüllt, so schreitet das weitere Dickenwachsthum des Holzkörpers in centrifugaler Richtung durch die Thätigkeit eines holzbildenden Cambium an der Aussenfläche der Holzstrahlen fort. Für die Wurzeln vieler Umbelliferen zeigt sich nun, dass einem jeden primären in centripetaler Richtung an transversaler Ausdehnung gewinnenden Holzbündel ein Secretionskanal entspricht,

1) Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik.

dessen longitudinale Erstreckung ebenso unbegrenzt ist, als das Längenwachsthum der betreffenden Wurzel.

Für Artemisia gilt ganz dasselbe: soviel primäre Holzbündel, soviel Harz- oder Oelbehältergruppen sind auch vorhanden. In der Zeit der Anlage solcher ist hier indess eine auffallende Differenzirung wahrnehmbar. In dem jüngsten Stadium einer Wurzel, welche 6 Holzstrahlen (Fig. 30) auf dem Querschnitt im erwachsenen Zustande zeigt, findet sich in der Nähe des Vegetationspunktes zunächst die Ausscheidung dreier radialer Holzstrahlen, welche in der Regel nur aus wenigen Gefässen (2—4 für je einen Strahl) bestehen. Ehe man noch irgend eine weitere Differenzirung wahrnimmt, haben diese Gefässe ihre Wand schon beträchtlich verdickt (Fig. 31, $_{1, 1}$). Zwischen diesen primären das Centrum der Wurzel nicht erreichenden, dagegen peripherisch an die sogenannte Schutzscheide (m m Fig. 31) angrenzenden Strahlen tritt nun im cambialen Gewebe eine Zelltheilung ein, welche anderen unregelmässig gestalteten Holzelementen Ursprung gebend, centripetal vorschreitet und das Centrum der Querschnittsebene erreicht. Zur Zeit der Entstehung dieser secundären Holzpartien des primären Holzkörpers entstehen an 6 Stellen, welche genau den Strahlen der beiden 3armigen Holzsysteme gegenüberliegen, ausserhalb der Schutzscheide (m m Fig. 31. 30) die ätherisches Oel führenden Intercellularräume durch Auseinanderweichen von vier Zellen zu einem im Querschnitt rhombischen Secretionskanal; alle 4 Seiten dieses Kanals sind im Anfang gleich lang, werden erst spät anders gestaltet durch Dehnungen und Zelltheilungen der Grenzzellen, welche später besprochen werden sollen. Auch hier sieht man mit Leichtigkeit, während des Entwickelungsganges, die Oelmassen in Gestalt kleiner Tröpfchen in Zellen der Nachbarschaft des Secretionsbehälters auftreten, ehe diese eine durch das Wachsthum der Grenzzellen bedingte definitive Gestalt angenommen haben. In den Figuren 29—31 zeigen sich die Gruppen der Secretionskanäle aus 2—3 solcher zusammengesetzt. Fig. 31 entspricht dem jüngsten Zustand der Wurzel, in welchem eben die Anlegung der Kanäle ausserhalb, und der secundären centripetal wachsenden Holzmassen innerhalb der Schutzscheide stattfindet. Fig. 29 eine Partie zwischen 2 primären Holzbündeln mit den Kanälen, welche durch Wachsthum der Grenzzellen bedeutend erweitert sind. Hier zeigt sich nach Ausfüllung des Markes die Thätigkeit holzbildenden Cambiums an 6 Stellen, welche den 6 Strahlen primären Holzes entsprechen; an 6 Stellen bildet dieses Cambium in centripetaler Richtung 6 Bastbündel (Fig 29 L). Der Ausdehnung die-

ses ganzen Systems prosenchymatischer Massen muss die Schutzscheide Genüge leisten; ihre Zellen erlangen eine bedeutende tangentale Streckung. Die Zellenzahl wird nicht bedeutend vermehrt.

In allen untersuchten Pflanzentheilen geht aus der Entwickelungsgeschichte der Secretionsbehälter hervor:

1) dass nicht durch Verflüssigung von Zellmembranen der Secretionskanal entsteht;
2) dass er vielmehr als wahrer Intercellularraum entsteht, wie die Spaltöffnung und der Halskanal vieler Farrenarchegonien, demgemäss massenlos ist, wenn man unter Masse eines Pflanzhohlraumes, wie die Zelle, dessen Membran sammt dem von dieser umschlossenen festen und flüssigen Inhalt versteht;
3) dass, wie sich aus allen diesen Thatsachen von selbst versteht, die ungemein grossen Massen in solchem Behälter nicht anders in ihn hineingelangen konnten, als durch Wanderung durch viele Zellmembranen.

Die Stellungsverhältnisse der Secretionskanäle zum Gefässbündel.

Es ist eine allgemein anerkannte Thatsache, dass in den Gegenden des Pflanzenkörpers, in welchen der Heerd stetig andauernder Zellbildung gefunden wird, die Zellen durchaus fest und allseitig aneinanderschliessen. Intercellularräume finden sich nie im Meristem und Cambium. Von diesen Orten wenig entfernt gelegene Partien zeigen indess schon Räume zwischen den Membranplatten einzelner Zellen von meist unregelmässig geometrischer Gestalt, welche auch in saftreichsten Pflanzenorganen Luft führen. Unter allen Umständen ist dieses Auseinanderweichen der Zellen als Folge eines nachträglichen Flächenwachsthums der Zellmembran angesehen worden. Es bedarf zur Erhärtung dieser Ansicht keiner weiteren Prüfung in allen Fällen, wo es sich um die Entstehung von im Querschnitt linsenförmigen zwischen 2 Membranplatten gebildeten Intercellularräumen handelt, wie die Spaltöffnungen des Blattes, die Secretionsgänge der Cussonia, welche von 2 Zellen begrenzt sind. Anders bei allen Intercellularräumen, welche in den Winkeln von 3—4 und mehreren Zellen entstehen, wie die meisten Secretionskanäle der diesen Untersuchungen unterlegenen Pflanzen. Die in vielen Fällen zur Zeit der Entstehung geometrisch regelmässige Gestalt derselben erlaubte eine genauere Einsicht in den Vorgang ihres Entstehens ihrer Ausdehnung. Ich kann mich in dem Folgenden auf die Besprechung des Querschnittsareals desjenigen Intercellularraumes beschränken, welcher von 4 Zellen oder deren Tochterzellen begrenzt ist. Diese vier Zellen sind im Schema, Fig. 35, in den vier Quadraten I, II, III, IV vor der Bildung des Raumes angedeutet. Eine vielzählige Gewebsschicht aus genau quadratischen Zellen findet sich in der Natur nicht selten, die

cambiale secundäre Rinde vieler Pflanzen zeigt diese Anordnung. Das Schema Fig. 41 ist in der Natur genau copirt in dem ausserhalb der Kernscheide gelegenen Gewebe der Wurzel vieler Gräser im jugendlichen Zustande (i i Fig. 41 Intercellularräume). Das System Fig. 35, welches das Schema eines Araliaceen- oder Umbelliferen-Ganges darstellt, ist nichts weiter als eine Copie des gewöhnlichen Intercellularraumes. Die jugendliche secundäre Rinde der genannten Pflanzen zeigt eine Regelmässigkeit in der Anordnung der Zellen, welche der Anordnung bei Sorghum Fig. 41 nur wenig nachsteht. (Vgl. Fig. 17.)

Der einzige Unterschied zwischen dem Secretionskanal in der einfachsten Form Fig. 35 und dem Intercellularraum i Fig. 41 besteht in dem Unterschied des Verhältnisses der Länge der Wand AF_1 zu der halben Diagonale, dF Fig. 35 $\left(\frac{\overline{AF_1}}{dF}\right)$; bei den meisten Secretionsgängen ist ein grösserer Werth, als derselbe im Sorghum-Schema Fig. 41 angenommen (für den gewöhnlichen Intercellularraum), wahrnehmbar. Da der Intercellularraum a b c d Fig. 35 nicht im Anlagezustand der 4, zweien Radialreihen AC, BD angehörigen, Zellen, sondern erst nach dem Eintritt der transversalen Streckung aller Theile in die Erscheinung trat, so muss von dem Zeitpunkt, in welchem die Platte FF_1 die Zelle 1 von der Zelle 2 schied, bis zu dem Auftreten des Raumes a b c d, eine Verschiebung der Doppelplatte FF_1 (ja ein Aneinandervorbeigleiten sämmtlicher Membranstücke) stattgefunden haben. In dem ersten Zeitpunkt ist die Längsfläche der Zelle $1 = 4\,\overline{AF_1}$. Da nun in dem zweiten Zeitpunkt die Zelle 1 von $2\,\overline{AFF_1} + 2aF = 3\,\overline{AF_1}$ gegen Nachbarzellen, und durch da gegen den Gang begrenzt sein soll, und $\overline{da} + 3\,\overline{AFF_1}$ grösser sein soll als $4\,AF_1$ im Zustand vor dem Intercellularraum, so hat sich entweder $2\,aF$ zu ad verkürzt, oder aF_1 wurde um die Differenz $\overline{AF_1} - \overline{ad}$ verlängert. Da nun aber die Zelle 1 nach wie vor der Intercellularraumbildung quadratisch ist, so muss sich die 4fache Differenz $2\,\overline{aF} - \overline{ad}$ in unserem System auf das ganze Viereck ABCD vertheilt haben durch Verschiebung aller Membranflächenstückchen. Ist der Werth $\frac{AF_1}{dF}$ einigermaassen bedeutend, wie bei den meisten harzführenden Gängen, so muss das Querschnittsareal eines Stammstückes schon wachsen in Folge der Gangbildung. Bei Cussonia, Hedera und Umbelliferen beträgt in dem Anlagezustand der Durchmesser db des Ganges die volle Länge der Wand AF_1. $\left(\frac{dF}{AF_1} = \frac{1}{2}\right)$

Die obige Auseinandersetzung bezüglich des Wachsthums der Membran bei der Bildung des Intercellularraumes gilt auch für den günstigsten Fall der transversalen Ausdehnung letzteren, des kreisförmigen Querschnitts. Ist in diesem Fall wiederum die Diagonale (Diameter) $= d = 2aF$, so ist das Areal des Ganges $= \pi \frac{d^2}{4}$ kleiner als $\overline{AF_1}^2 = d^2$. Wenn in dem Schema 41 und in der Natur die Zahl der Grenzzellen nicht wächst, so erhält der Gang selbstverständlich kein bedeutenderes Areal im Verhältniss zu demjenigen einer seiner Grenzzellen oder für alle Gänge, mögen sie weit oder nahe vom Centrum des kreisförmigen Stammquerschnitts liegen, ist das Verhältniss $\frac{\overline{ad}^2}{(\overline{AF_1})^2}$ ein constantes. Die Ausdehnung von AF_1 wächst mit dem Radius des Querschnitts[1]). Dass, nach Diesem, bei unbegrenzter cambialer Thätigkeit in Stamm und Wurzel die Grösse des Ganges mit dem Dickenwachsthum eine bedeutende werden muss, ist selbstverständlich. Da aber die transversale Ausdehnung der pflanzlichen Zelle eine Grenze erreicht, über welche hinauswachsend, eine Theilung eintreten muss, so scheint das Auftreten mehrerer Grenzzellen wie bei den Gängen der primären Rinde der Coniferen und Araliaceen, der Umbelliferen und vieler andern eine selbstverständliche Erscheinung der Zellbildung. In dem jungen Coniferenspross wächst die primäre Rinde sehr rasch, sie muss in kurzer Zeit einen Holzcylinder umgeben, dessen Radius ihrem ursprünglichen Radius gleichkommt. Diese bedeutende transversale Dehnung wird hauptsächlich in der Streckung der bereits vorhandenen Zellen vollführt, ehe ein Cambium die Holzbündel verbindet, die secundäre Rinde bildet; hierdurch werden die grossen Gänge pp erweitert. Sehr spät erst werden ausser diesen noch kleinere angelegt (p_1 Fig. 39), deren Ausdehnung nur noch eine geringe sein kann, da die Grenzzellen ihrer definitiven Ausdehnung nahe waren, zur Zeit der Anlegung.

Die Verschiedenwerthigkeit des Querschnittsareals der Secretionskanäle, begründet in der frühen oder späteren Anlegung und der Verschiedenheit des Ortes, an welchem solche statt hat, zeigt sich nirgends deutlicher als bei den Coniferen (vgl. Fig. 1—4 u. 39). Ist aus dem Gesagten die Mehrung der den Gang begrenzenden Zellen als Folge unbegrenzter transversaler Ausdehnung des Gesammtorgans erklärbar, so lehren in manchen Fällen doch die Thatsachen das Gegentheil. Bei den Cycadeen zeigte ich, dass, ehe noch das Querschnittsareal in Folge des Wachsthums der Grenzzellen irgend be-

deutend geworden, letztere selbst noch im cambialen Zustand eine Zellvermehrung zeigen, welche als ursächlich für die grosse Ausdehnung des Ganges angesehen werden muss. Das Areal dieser Gänge ist dann nicht mehr von der Grösse des Radius abhängig und das Verhältniss $\frac{\overline{a}d^2}{\overline{AF_1}^2}$ ist keine constantes mehr für verschieden weit vom Herd der cambialen Thätigkeit in der Achse belegene Gänge wie aus der oben gegebenen Entwickelungsgeschichte erhellt.

Mit der Voraussetzung, dass der Intercellularraum F (Fig. 35) ein quadratisches Querschnittsareal, dass der Tangentaldiameter = dem Radialdiameter sei, stimmen die natürlichen Verhältnisse meist nur für den Anlagezustand überein. Für die Dauer zeigt sich dies Verhältniss bei Cussonia, den holzständigen Gängen der Abietineen und einigen gummiharzführenden Umbelliferen. Sehr regelmässig hexagonale Gänge entstehen durch frühzeitige Theilung einer der 2 früher besprochenen Radialreihen bei Ferula, Bubon (Fig. 26. 1, 2. — 1, 2. Fig. 28).

Der grössere Durchmesser des Gangquerschnitts findet sich in der grossen Mehrzahl der Fälle in Richtung der Tangente gestellt, wie man aus der Musterung der Figuren ersieht. Es beruht dies oft schon in einem Auseinanderweichen von mehr als 2 Zellen in tangentaler Richtung, so bei Pittosporum (Fig. 32 u. 34), bei Callitris und Juniperus. Die Hauptursache für diese Erscheinung liegt in der Ungleichheit der Ausdehnung der radialen zu derjenigen der tangentalen Wand einer Zelle. Letztere ist meist die grösste, was hier nicht erst gelehrt zu werden braucht.

Den grossen Durchmesser, diesen Erfahrungen nun dennoch gegenüber, in Richtung des Radius gestellt, zeigen die sehr regelmässig stehenden ätherischen Oelgänge von Artemisia (Fig. 29—31) und Arnica. Es findet hier die Anlegung statt vor der Ausfüllung des cambialen Markes durch Fibrovasalmassen. Ein Cylindermantel indifferenter Zellen (die sogenannte Schutzscheide) liegt zwischen primärer Rinde und Cambium zur Zeit der Streckung der primären Rindenzellen. In einem mittleren Entwickelungszustand (Fig. 29) finden sich die 2 äusseren Grenzzellen eines Ganges in radialer Richtung bedeutender gestreckt als die 2 der Schutzscheide angrenzenden; sehr genau zur Richtung dieser Streckung senkrecht verlaufende Wände haben aus 2 solchen Grenzzellen die mehrzähligen Complexe p, p_I, p_{II} geschaffen, deren Umriss viereckig ist (Fig. 29). Die Mehrung der Grenzzellen hat die ursprüngliche Gestalt des Gangquerschnitts nicht auffallend

verändert, dieselbe ist vierseitig, wenn auch dieses Viereck dem früheren unähnlich ist.

Es wurde schon in den ersten Abschnitten dieses Aufsatzes auf die Uebereinstimmung der Zahl der Secretionskanäle mit der der primären Gefässbündel bei den Coniferen hingewiesen. In ausgezeichnetster Weise findet sich dieses Verhältniss in den jungen Umbelliferenwurzeln, wie die Abbildungen Fig. 36. 37. 38 zeigen.

Die durch einen Cambiumring in centrifugaler Richtung wachsenden Holzbündel der genannten Pflanzentheile zeigen in der Transversalebene sehr regelmässig scheinende Dichotomieen. So zeigt sich in der jungen Wurzel von Imperatoria ostruthium (Fig. 36) ein 4armiges, in der älteren eines anderen Individuums (Fig. 37) ein 5armiges, in Fig. 38 im Querschnitt einer jungen Archangelicawurzel ein 6armiges Holzsystem. Jeder der ersten Hauptarme ist oder wird in dem Verlauf cambialer Thätigkeit nochmals gabeltheilig; die Gabeläste zweiter Ordnung können unter sich gleichwerthig sein, uud gleichartig eine zweite Gabelung eingehen in dem Verlauf weiteren centrifugalen Dickenwachsthums, oder sie sind oder waren schon in der Anlage ungleichwerthig; in dem einen kann eine zweite Gabelung eintreten, in dem andern unterbleiben (s. gen. Figur und Erklärung der Abbildungen). Dass alle diese Arme, welche in den Fig. 36. 37. 38 deutlich in die Augen springen, in centripetaler Richtung entstanden sind, unterliegt keinem Zweifel. Das primäre, vor der Thätigkeit eines Cambiumringes vorhandene Fibrovasalsystem ist in den Zeichnungen in dem natürlichen Verhältniss zu den übrigen Theilen in dem mehr oder weniger regelmässigen schwarzen Polygon im Centrum angedeutet. Nach Nägeli entsteht dieses kleine System von Fibrovasalmassen durch centripetale Weiterbildung von mehreren an excentrischen Punkten beginnenden Bündeln in centripetaler Richtung bis zur Verdrängung des Markes. Für Imperatoria ist dieses System in der Zeichnung Fig. 40 gegeben im Zeitpunkt der eben eintretenden Cambiumthätigkeit. Sowie bei Artemisia die primäre das Mark verdrängende Holzmasse nicht simultan auftritt, sondern in 2 Strahlensystemen, so zeigt sich auch hier in noch jüngeren Wurzeln das Auftreten von 3—4 Strahlen weitlumiger (Fig. 40 $v \cdot v_1$), sodann erst ein zweites System zwischen diesen zerstreutstehender kleinerer Gefässe.

Ist das Mark durch ein solches polyedrisches Holzsystem ausgefüllt (Fig. 40), so tritt erst das den Gabelarmen der Fig. 36—38 ursprunggebende Cambium auf. Die Zahl dieser primären centripetal entstehenden Bündel bedingt bei Artemisia in dem cambialen Wurzel-

theil die ein- für allemal constante Zahl der Gruppen von Oel oder Harzgängen. Sind 5 oder 6 solcher Arme bei Artemisia vorhanden, so ist auch die Zahl der erwähnten Gruppen 5 oder 6. Da nun bei der Artemisia diese centripetalen Holzbündel lange vor der Ausbildung der Gänge fertig sind, so liegt es nahe die Stellung ersterer als diejenige der letzteren bedingend anzusehen. Ist das Auftreten einer in radialer Richtung von aussen nach innen fortschreitenden Gefässbildung bei Artemisia bedingend, so wird sich bei Umbelliferenwurzeln, welche Harz- oder Gummiharzgänge führen, dasselbe ergeben müssen, gleichgültig selbst, ob die Fibrovasalstrahlen centripetal oder centrifugal an Ausdehnung zunehmen oder nahmen. Die Fig. 36—38 zeigen nicht nur die vollständige Berechtigung der bei Artemisia gemachten Annahme, sondern führen auch mit Zuhülfenahme der Entwickelungsgeschichte zu weiteren Erörterungen über die in den Figuren vorgeführten auffallenden Stellungsverhältnisse. Zunächst zum Auffälligsten der Erscheinung: Verbindet man die schwarzen Punkte in den genannten Figuren, welche die ausserhalb des Cambium in der secundären, zum Theil auch in der primären Rinde gelegenen Gänge im natürlichen Abstand aller anatomischen Theile vorführen, so erhält man, wenn man die peripherischen Gänge α, β, γ, δ, deren Betrachtung später folgt, ausser Acht lässt, meist ein Gabelsystem, dessen Oeffnungen nach Innen zeigen. Es ist dieses Gabelsystem ein Spiegelbild desjenigen der Fibrovasalbündel, und es liegen die einzelnen Punkte im erstern in demselben Verhältniss von einander entfernt, wie die Gabelungsstellen in letzterem. Ausserdem zeigt sich, dass die Zahl der rindenständigen Gänge von der Länge des ihnen gegenüberliegenden Fibrovasalastes abhängig ist. So zeigen sich die 6 Systeme der Figur 38 unter einander verschieden, derart, dass nicht ein einziger der Fibrovasaläste in seinem Querschnittsareal gleich dem andern ist. Dasselbe findet sich unter den einzelnen gegenüberliegenden secundären Rindenbündeln. So zeigt sich zunächst in Fig. 38 für jeden Hauptast a ein grosser äusserster Gang a. Sodann zeigt sich im System I, dass, wenn dieser erste Ast lange ungegabelt fortwächst, 2 und mehr Gänge in seinem Spiegelbild liegen können (s. I u. II Fig. 38). Dasselbe gilt für die Gabeläste: lange solche haben mehrere, kurze haben wenige Gänge gegenüber liegen (s. Syst. III, Fig. 38). Aber auch die ersten scheinbaren Hauptäste der centrifugal wachsenden Fibrovasalbündel können unter sich sehr ungleichwerthig sein, wie die Fig. 36, 37 zeigen. So sind die zwei scheinbaren Hauptäste a b (Fig. 37) durchaus nichts weiter als die sehr früh, indess schon

nach Eintritt centrifugalen Wachsthums aufgetretenen Gabeläste eines Astes wie c oder d oder f und a ist durchaus nicht gleichwerthig diesen letzteren dagegen gleichwerthig b. 5 grossen Gefässstrahlen, von welchen unter sich nur 3 gleichwerthige sind, entsprechen 5 grosse Gänge, für welche dasselbe gilt. Dass auch hier bei der Imperatoria dasselbe für die einzelnen Gabeläste gilt wie bei Angelica, braucht neben der blossen Musterung der Zeichnung kaum gesagt zu werden.

Alle in der Nähe des Cambium entstandenen Gänge der in den genannten Figuren vorgeführten Rindensysteme müssen nach unserer obigen Auseinandersetzung wachsen. Individueller Verschiedenheiten unter den beiden vorliegenden Pflanzen will ich hier nur noch gedenken. Die Stellungsverhältnisse der Gänge von Archangelica in der Rinde sind geregelt nur durch die Stellungsverhältnisse derjenigen Fibrovasalmassen, welche centrifugal entstehen. Vor der Thätigkeit eines Cambium wird sich daher auch kein Secretionsgang zeigen. Fig. 38 zeigt ferner alle Gänge innerhalb des secundären Rindenparenchyms, und nur so gestellte.

Der Imperatoriawurzel kommen ausser solchen Gängen noch peripherisch gestellte, viel später und unabhängig von den Fibrovasalmassen auftretende Gänge $\alpha\ \beta\ \gamma$ Fig 1 u. 2 zu, deren Areal, gemäss den Voraussetzungen, zu welchen die Betrachtung gleich gestellter Gänge bei Pinus führten, nie das Areal der Gänge der secundären Rinde erreichen.

Ausser diesem Unterschied kommt der Imperatoriawurzel noch folgende Complication zu. Nicht allein die Hauptäste der centrifugal entstandenen Fibrovasalmassen bedingen die Stellung der grossen Gänge wie bei Archangelica, sondern auch diejenigen, welche centripetal an Ausdehnung gewinnend und das cambiale Mark ausfüllend, vorhanden sind, vor dem Auftreten cambialer Thätigkeit. Es ergeben sich somit für diese Pflanze 3 Arten von verschiedenwerthigen Gängen:

I. Peripherische im primären Rindenparenchym von dem Stellungsverhältniss der Fibrovasalmassen unabhängige ($\alpha\ \beta$ etc. Fig. 36 u. 37 [der Archangelica fehlend]).

II. Gänge im secundären Rindenparenchym (a Fig. 36 und sämmtliche der Fig. 37), deren Stellung mit der der centrifugal entstehenden Fibrovasalmassen correspondirt, vor dem Cambiumring nicht vorhanden. (Solche allein kommen der Archangelica zu.)

III. Gänge, deren Anlegung allein geregelt ist durch die centri-

petalen sogenannten primären Fibrovasalmassen, angelegt vor der Thätigkeit eines Cambiumringes (b, d Fig. 36, p p_1 etc. Fig. 40). (Diese fehlen der Archangelica, sind dagegen der Arnica- und Artemisiawurzel eigenthümlich.)

Das Vorhandensein aller 3 genannten Arten von Secretionskanälen ist in Fig. 36 ersichtlich: I) in α, β, γ, II) in a, III) in b und d; a liegt in der secundären Rinde, b und d liegen in der primären. Für Abtheilung II gelten noch in derselben Figur die Gänge c c grössere und kleinere. Die Entstehung der letzten Abtheilung der den primären centripetal wachsenden Fibrovasalmassen gegenüberliegenden Gänge führt nun zur genaueren Musterung der früher erwähnten Polygone im Centrum der Figuren 36—38.

Man kann nach dem Vorausgeschickten fragen, entstehen die primären Fibrovasalmassen zuerst und regeln die ihnen gegenüberliegenden Gänge, oder ist umgekehrt das Vorhandensein der Gänge das Causale für die Art und Weise der Stellung der Fibrovasalmassen? In Fig. 40 ist ein Querschnitt einer jugendlichen Imperatoriawurzel genauest copirt, die Entfernung der Gänge p von einander und von den gegenüberliegenden Gefässen durch Abzählung bestimmt, die Stellung der Gefässe unter sich im polarisirtem Licht (in welchem die Rindenmassen fast ausgelöscht) aufgenommen. Das Polygon (Fünfeck) (Fig. 40) entspricht einem der schwarz gezeichneten centralen Polygone der Fig. 36—38.

Das Polygon a b c d umfasst die ganzen Fibrovasalmassen, welche unter dem Namen primäre Gefässbündel centripetal entstehen. Continuirliche Strahlen lassen sich aus der Musterung dieses Zustandes nicht, dagegen in noch jüngeren leicht erkennen. Letztere zeigen nämlich in der Regel 2—3 Strahlen grosslumiger Gefässe, welche vor denjenigen, welche zerstreut stehen, angelegt werden. Das Nachfolgen kleinerer Gefässe bringt dann die Ansicht der Fig. 40 hervor. Beiderlei Gefässarten entsprechen nun harzführende Intercellularräume, deren Entstehung aus 4 Zellen in p p zu erkennen ist. Es zeigt sich hier deutlich, dass sämmtliche Zellen, welche mit den 4 Grenzzellen in einem Radius liegen, auf den Querschnitt eines oder mehrerer Gefässe hinführen. Dass ferner, da grosse oder kleine Gefässe in dieser Weise dem Gang gegenüberliegen, die transversale Ausdehnung aller in einer solchen Radialreihe liegenden Zellen von der Ausdehnung der Transversalebene des Gefässes abhängig ist. Die Transversalausdehnung der Radialreihe p ist eine andere als die von p_I. Diejenige, welche p_{II} angehört, zeigt wiederum eine Verschieden-

heit von beiden vorhergehenden. Es sind dies Unterschiede, die auf Zerrungen hinweisen, welche in der langen Zeit, zwischen dem Zeitpunkt des Stadium der Fig. 37 und dem des Stadium der Fig. 40 verschwindend, für die Erklärung des ersten Auftretens eines Intercellularraumes dagegen von Bedeutung sind.

Es ist, um die Thatsachen, von welchen die weiteren Schlüsse abgeleitet werden, geordnet vorzutragen, nachweisbar, dass die Zellen einer Radialreihe der primären Rinde, welche eben in die Bildung eines Cambiumringes eingehen, bezüglich der Ausdehnung ihrer tangental gestellten Wände von der Ausdehnung der ebenso gestellten Wände in derselben Radialreihe stehender Gefässe beeinflusst sind. — Diese Beeinflussung drückt sich in einer Gleichheit der Länge der genannten Wand für beiderlei Zellenarten aus. Ferner: ist dies der Fall, so finden sich in der primären Rinde vor der Gegenwart eines Cambiumringes auffallende Intercellularräume (p_0, p_I, p_{II}), welche in den beeinflussten Radialreihen entstanden sind. Dem gegenüber zeigt sich bei andern nahestehenden Pflanzen mit Gängen in der secundären Rinde diese Beeinflussung gleicher Zellen durch vorwiegend grosslumige Gefässe nicht vor dem Auftreten des Cambiumringes, und unserer Voraussetzung genügend, auch das Fehlen (zur Zeit der Entstehung primärer Fibrovasalmassen) auffallender Secretionsgänge, z. B. Bubon, Ferula, Angelica. Treten nun aber bei letzteren die Gänge der Abtheilung II (s. oben) auf, so stehen sie nach der in der Abbildung (Fig. 38) ausgedrückten Gesetzmässigkeit, und die 4 primären Grenzzellen liegen in Radialreihen ausserhalb des Cambium, welche mit Cambiumzellen zusammenfallen, genau in der Verlängerung des Fibrovasalstrahls.

Aus diesen Thatsachen ist ein Erklärungsversuch der auffallenden geschilderten Stellungsverhältnisse nahe gelegt. Vor allem verdient noch hervorgehoben zu werden, dass nach dem für die Erweiterung des Querschnittsareals eines Intercellularraumes Gesagten, der frühest entstandene Gang, also für Imperatoria die Gänge p_0—p_3 Fig. 40 (b u. d Fig. 36) in irgend einem späteren Zeitpunkt die bevorzugten in transversaler Erstreckung sein müssen. Da das Auftreten hier von den primären Gefässen abhängig, geschieht es zu einer Zeit, in welcher zwischen allen übrigen Zellen keinerlei Intercellularräume vorhanden sind.

In dem System von 4 Zellquerschnitten (Fig. 35) betrachteten wir oben, bei Annahme, dass alle 4 Zellen in dem Punkt F einen allen gemeinsamen Punkt haben, die Bildung eines Intercellularraumes a b c d,

und fanden ein Wachsthum der an und für sich schon nach Ausdehnung strebenden Membranflächen der 4 Zellen durch diese Bildung bedingt. Vor wie nach dieser aber ist das Verhältniss der radial gestellten Wand BB_1 zu der tangental gestellten AF_1 nahezu ein gleiches oder $\frac{AF_1}{BB_1}$ ist nahezu eine constante. Gefragt wird, warum entsteht in einem solchen System (Fig. 35) nur da ein Raum durch Auseinanderweichen der Zellenwinkel, wo an die Seite CD eine Gefässzelle grenzt, deren eine tangentale Wand im cambialen Zustand gleich war und parallel lief der Wand CD oder $\frac{CD}{2} = CC_1$ unseres Systems (s. Fig. 40 pp_I pp_{II}).

Zunächst können wir uns den Vorgang der Bildung des Intercellularraumes a b c d (Fig. 35) in dem Liniensystem versinnlichen, wenn wir annehmen, dass trotz dem Wachsen aller Theile der Zellwand, die Wand FB_1 im Zustand der Spannung sich befinde, durch die plötzliche Dehnung um ein geringes in Richtung der Tangente des Pfeiles FB_1. Ich will die Kraft, die sich dadurch äussern kann, die tangentale Componente nennen. Befindet sich nun das Membranstück FC_1 in demselben Zustand, und ist $FC_1 = FB_1$, wie im Schema angenommen (von den natürlichen Verhältnissen im Anlagezustand copirt), so wird diese Pfeilrichtung FC_1 als radiale Componente anzusehen sein. Die resultirende beider FD wird ihren Angriffspunkt in F haben, diesen für die Membranplatten der Zelle 4 in der Richtung der Linie FD zu verschieben suchen. Geschieht dies in allen Zellen unseres 4zelligen Systems Fig. 35, nach demselben vorausgesetzten Verhältniss, so muss zunächst ein 4eckiger Intercellularraum a b c d entstehen. Ist das genannte System von ähnlichen Systemen eingeschlossen, so muss für jeden Winkel der quadratischen Zelle I, II etc. dasselbe gelten. Systeme, welche diesen Voraussetzungen genügen, finden sich mit der ganzen hier angenommenen Regelmässigkeit nicht selten (s. Fig. 41, Fig. 28 und andere). Da wir uns hier nur mit den Intercellularräumen beschäftigen, welche einem Gefäss gegenüberstehen, und von der Stellung dieses in ihrer Stellung abhängig sind, so brauchten wir nur zu überlegen, was geschieht, wenn an das System ABCD oder an eine Reihe ähnlicher in radialer Richtung vor der Bildung des Intercellularraumes a b c d an die Wand CC_1 oder CC_1D eine Zelle grenzt, welche zu einem transversal sehr bedeutend ausgedehnten Gefäss wird. In dem Schema 42 u. 43 sind diese Verhältnisse angedeutet. a b c d eine Radialreihe cambialer Zellen

(s. Fig. 40, Radialreihen, in welchen p_0 p_I p_{II} gelegen, im Zeitpunkt, in welchem eine Zelle v eben zum Gefäss wird). Wächst die Wand cd von cd bis cd_1 in tangentaler Richtung, so werden die in der Radialreihe nach aussen nächst gelegenen Zellen I, II, III mit ihren gleichgestellten Wänden bis zum Schneiden des Radius b_1 d_1 verlängert, die Zelle I, die von efgh umschrieben, wird nun von eg ik umschrieben sein, ebenso die Zelle II, III u. s. f.

Einem bekannten Erfahrungssatz zufolge, folgt in einer Zelle dem bevorzugten Wachsthum nach einer gegebenen Richtung eine die Zelle zweitheilende Wand, deren Verlauf senkrecht zu der gegebenen Richtung. Die Membranzelle 1 ist von ef um fi gewachsen. Es kann nun nach dem erwähnten Satze das Verhältniss $\frac{\overline{ef}}{\overline{fi}}$ derart sein, dass die in dem Satze erwähnten Grenze überschritten ist, alsdann tritt eine radial gestellte Wand lm auf; wir nehmen für unser Schema $\overline{el} = \frac{\overline{ei}}{2}$. Wächst der Gefässquerschnitt noch weiter in der Richtung gk, so beeinflusst nun die Wand gk gleichgestellte Wände zweier Zellreihen. Die Wände el und li zweier Zellen dieser Reihen können durch diesen Einfluss wiederum über das Grenzverhältniss $\frac{\overline{ef}}{\overline{fi}}$ hinausgedehnt werden; es können 4, 4.2, 4.2.2 oder ähnliche Multipla von Zellen oder Zellreihen entstehen, während der Gefässquerschnitt wächst; und es kommt dahin, dass viele Radialreihen an einen Gefässquerschnitt anlehnen. Dieses ist das Schema der Vorgänge in der Nähe der primären Fibrovasalmassen von Angelica, Bubon, Ferula, welchen Harzgänge fehlen, die mit denselben correspondiren. Ein Blick auf die Zeichnung Fig. 40 lehrt nun, dass für dasselbe Stadium bei Imperatoria dieses Schema nicht passt. Hier beeinflusst in der geschilderten Weise ein Gefäss 2 Reihen oder 2 Gefässe soviel Reihen (p_1 v_1 v etc. Fig. 40). Hier ist die Dehnung nicht von Wandbildung begleitet. Der Werth $\frac{\overline{ef}}{\overline{fi}}$ für Schema 42 ist nicht derselbe in dem letzteren Fall wie für ersteren. Der Einfluss machte sich nun nichtsdestoweniger merklich und kann als die tangentale Componente des Schema 35 angesehen werden. Das heisst eine Dehnung, Erweiterung in der Richtung FB_1, gegenüber welcher die Wand sich passiv verhält, kann in dem im Schema 42 geschilderten transversalen Ausdehnungsstreben einer oder mehrerer ursprünglich den übrigen Zellen einer Radialreihe gleichwerthiger Zellen zu Ge-

fässquerschnitten gesucht werden. Da nun aber im Schema 35 auch die gleichwerthige Radialcomponente verlangt ist, welche aus obigem sich nicht ergiebt, so muss diese in einem anderen Verhältniss gesucht werden. Es kann diese abgeleitet werden aus folgender Betrachtung. Der Gefässquerschnitt schon weist darauf hin, dass die Ausdehnung desselben in tangentaler Richtung begleitet ist von einer solchen in radialer, oder dass in diesem Querschnitt, wenn die Wand g h wächst, auch g c wächst, dass in allen Stadien das Verhältnis $\frac{\overline{gh}}{gc}$ nahezu ein constantes. Folge davon ist die nicht merklich bevorzugte tangentale Wand (Abrundung oder polyedrische Gestalt des Querschnitts braucht im Schema nicht berücksichtigt zu werden). Dieses Verhältniss gilt nun, wie unsere Erfahrungen lehren nicht nur für das Areal des Gefässquerschnittes, sondern auch für das der Querschnitte der Zellen, welche durch Auseinanderweichen die Gänge p p Fig. 40 bilden. Ist daher durch die tangentale Wand des Gefässes dieselbe Wand der Rindenzelle in derselben Radialreihe beeinflusst, ohne dass das Grenzverhältniss des Schema 42 $\frac{\overline{ef}}{\overline{fi}}$ überschritten wird, so ist auch, da nach dem Schema 35 das Verhältniss der Länge der Radialwand zur Länge der Tangentalwand in allen Stadien ein nahezu constantes, die radiale Wand durch das Wachsen des Gefässquerschnitts beeinflusst. Oder ist diese Constante nach dem Schema 35 $\frac{FB_1}{FC_1} = 1$, so ist die Radialcomponente in der Tangentalcomponente und gleich dieser, und die Resultirende in F D gefunden. Der Voraussetzung des constanten Verhältnisses $\frac{FB_1}{FC_1}$ wird, wie wir sahen, in der Natur auf zwei Arten genügt. Entweder durch Auftreten einer Wand, nach der Störung des Verhältnisses, oder durch blosses Wachsthum der Membran, welche durch diese Störung verkürzt erschien. Dass diese Erklärung für die Stellung der Gänge b d Fig. 36 gewonnen, auch für die anderen von Fibrovasalmassen abhängigen Gänge bei Imperatoria, Angelica u. a. m. gilt, braucht nicht gesagt zu werden. Die Stellung des grossen Durchmessers eines Ganges im älteren Zustande entweder in Richtung des Radius oder in Richtung der Tangente ergiebt sich ohne weiteres aus dem über das Verhältniss der Radialwand zur Tangentalwand der Grenzzelle Gesagten: dass nämlich $\frac{F_1B}{BB_1}$ Schema 35 nicht gleich 1 ist für den älteren Gang, demgemäss auch

der Gangquerschnitt nicht isodiametrisch sein kann, während dies doch meist im Anlagezustand der Fall ist, erhellt aus mehreren Figuren. Für die Stellung des grossen Durchmessers in dem Radius sind die Gänge von Artemisia anschaulich Fig. 29. Hier werden die 2 äusseren Zellen derart gestreckt, dass in den 2 abgebildeten Stadien 31 u. 29 der Tangentaldiameter den 4seitigen Gang einmal in 2 congruente Dreiecke zerlegt, ein andersmal und später in 2 durchaus ungleiche. In den beiden inneren Grenzzellen I, III wurde das Verhältniss $\frac{F_1 B}{B B_1}$ nicht gestört in Folge der Entwickelung, in den beiden äusseren II, IV geschah dieses. Der Weg der Zelltheilung durch zur grössten vorhergegangenen Dehnung senkrechte Wände stellte hier wieder das verlangte Verhältniss zwischen Radial- und Tangentialwand her. Die Tochterzellen dieser äusseren Grenzzellen zeigen aber nicht wie diejenigen der Ganggrenzzellen der Abietineen ein neues selbständiges Erweiterungsstreben, sondern schliessen, genau die Gestalt der Mutterzelle einhaltend, die selbständige Erweiterungsfähigkeit des Ganges ab.

Der vorstehende Erklärungsversuch der Beziehungen zwischen Secretionskanal und Gefässbündel macht nicht den Anspruch auf allgemeine Anwendbarkeit, sondern will, entstanden durch das Verknüpfen einiger auffallender anatomischer Verhältnisse in der Umbelliferen- und Compositenwurzel, nur für diese gelten. Die Entscheidung, inwieweit er im Allgemeinen anwendbar, richtig oder falsch ist, muss weiteren entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XLVII.

Fig. 1—4. Pinus taurica.

Fig. 1. Ganzes primäres Gefässbündel in dem Knospenzustand (entspricht einem einzigen Bündel c Fig. 2 im transversalen Durchschnitt). c c Cambium, dessen Thätigkeit eine secundäre Rinde nach R hin, secundäres Holz nach M hin abscheidet. M Ms die das Bündel begrenzenden primären Markstrahlen (vergl. Fig. 2). 1, 2, 3, 4 Zellreihen in radialer Richtung, in welchen bei p soeben ein Harzgang gebildet wird. Vergr. 350.

Fig. 2. Eine schematische Darstellung eines Zweigquerschnittes im Knospenzustand. p Harzgänge der primären Rinde der ganzen Knospe. p_1 eben angelegte Gänge in der primären Rinde des einzelnen Gefässbündels. Vergr. 20.

Fig. 3. Kleine Partie eines ähnlichen Präparates zu Fig. 1. Pfeile 2, 3 deuten die in Fig. 1 mit denselben Zahlen belegten radialen Zellreihen an; p der eben sich bildende Intercellularraum; a, b, c, d 4 Zellen, welche denselben begrenzen. Vergröss. 400.

Fig. 4. Aehnliches Präparat; zwei der 4 Zellen a b c d der Fig. 3, nämlich b und d, haben durch radiale Wände je zweizählige Complexe erzeugt; der Kanal ist in Folge davon von 6 Zellen begrenzt. Vergr. 400.

Fig. 5, 6, 7. Querschnittspartieen durch Holz und secundäre Rinde von Rhus typhinum.

Fig. 5. Kleine Partie aus dem cambialen Theile der secundären Rinde. p Complex zartwandiger Zellen inmitten der mehr verdickten Rindenparenchymzellen, welche durch Auseinanderweichen der Wände in tangentaler Richtung p, d den Gang bilden und begrenzen. Vergr. 350.

Fig. 6. Grössere Partie eines Rindenquerschnittes bei schwacher Vergrösserung mit Alcanna tingirt. i Holz innerhalb des Cambium c c. p cambialer Theil der secundären Rinde, in welchem die Anlage der Gänge zu beobachten. p_1 älterer Theil der secundären Rinde, in welchem die Harzgänge ihre definitive Streckung in transversalen Richtungen erreichen. l Kork, dessen Wände roth gefärbt erscheinen.

Die kleinsten rothen Punkte deuten den Harzgehalt der Einzelzellen, die grösseren denselben der Intercellulargänge an; der der ersteren nimmt in centrifugaler Richtung ab, der der letzteren in derselben Richtung zu. Nach einer stärkeren Vergrösserung (180) verkleinert.

Fig. 7. Kleine Partie aus dem vorhergehenden Präparat zwischen 2 Markstrahlen in der Region p entnommen. Das Präparat wurde mit absolutem Alkohol ausgewaschen, sodann in HO mit frischer alkohol. Jodlösung behandelt. Tangental gereihete Zellen a, a sind mit Amylum in feinsten Körnern gefüllt, welches vordem mit Harz zu einer trüben Flüssigkeit gemischt war; die jetzt leeren Zellen waren mit reinem Harze gefüllt, ebenso der Kanal p; die innersten Grenzzellen dieses führen kein Amylum. Vergr. 350.

Taf. XLVIII.

Fig. 8. Querschnitt durch Holz und secundäre Rinde in der Nähe des Cambium von Callitris quadrivalvis. d d d in radialer Richtung verlaufende Intercellularräume, in welche zarte Zellwandwärzchen hineinragen. c c Cambiumring. i i Unterbrechungen mannichfacher Art in den Verdickungsschichten der Holzzellen. l Bastzellen. Vergr. 500.

Fig. 9. Tangentaler Längsschnitt durch die Rinde derselben Pflanze. l l Bastzellen, welche zum Theil angeschnitten bei d d die centrifugal vorstehenden Warzen der Membran zeigen. Vergr. 500.

Fig. 10. Partie eines zarten Längsschnittes durch das Holz, die Lücken in den Verdickungsschichten nahe den Spitzen der Holzzellen zeigend t t. Vergr. 500.

Fig. 11. Rhus viminalis. Querschnittspartie in der Nähe des Cambiumringes cc. In zwei Reihen 1, 2 der jugendlichen Rinde wird in p der Harzgang gebildet, indem 4 Zellen, je 2 für eine der Reihen 1 u. 2 auseinanderweichen und dadurch einen 4-seitigen Intercellularraum bilden. Vergr. 350.

Fig. 12. Ebensolches Präparat von Pistatia Lentiscus. i i Holz in der Nähe des Cambiumringes c c_1. 1, 2, 3 Zellreihen durch cambiale Thätigkeit entstanden, in welchen an der Stelle p dem jungen Harzgang eine Theilung der angrenzenden Zellen durch radiale (in Bezug auf p) und tangentale Wände vor sich gegangen.

Fig. 13—15. Querschnittspartieen aus Wedelstielen im Knospenzustand von Cycas revoluta.

Fig. 13. Kleine Partie, jüngste Anlage des Gummiganges; alle Zellen schliessen dicht aneinander (befinden sich im Meristemzustand), mit Ausnahme vierer (1, 1, 1, 1), welche den Intercellularraum p, den Gummigang, zwischen sich fassen. Vergr. 350.

Fig. 14. Aelteres Stadium. Die den Zellcomplex, in welchem die Zellinhalte angedeutet sind, umgebenden Zellen gehen eben in eine nachträgliche Streckung ein; es entstehen Intercellulurräume (mit Luft erfüllte, schwarzerscheinende d, d_1). Die Zellen des erstgenannten Complexes entsprechen der Nachkommenschaft der 4 Zellen 1, 1, 1, 1. der Fig. 13. Es ist die Zelle 1 oben rechts zu 2 Zellen a, a, geworden durch eine radiale (zum Centrum von p) Wand. Die Zelle 1 oben links zu 3 Zellen a, b. b_1 durch zweimaliges Auftreten einer radialen Wand. Die Zelle 1 unten links, durch eine tangentale Wand in eine äussere a, den Kanal nicht direct begrenzende, und eine in zwei Tochterzellen (durch eine radiale Wand) getheilte, welche Tochterzellen den Kanal begrenzen, b b. Endlich Zelle 1 links unten zu einem 4zähligen Complex, durch eine radiale Wand und zwei tangentale Wände in den 2 durch erstere entstandenen Zellen. Vergröss. 400.

Fig. 15. Aelterer, jedoch noch nicht ausgewachsener Gang aus einem älteren Wedelstiel. Die Zahl der Grenzzellen um den Kanal ist gewachsen; solche um die umliegenden Zellen kommen in Bezug auf transversale Ausdehnung ins Gleichgewicht. p Gummigang. Vergr. 350.

Taf. XLIX.

Fig. 16—19. Cussonia spicata.

Fig. 16 u. 17. Transversaler Querschnitt in der Nähe des Cambium cc. v Gefässe. i Holzzellen. p pI pII etc. Gummiharzgänge in verschiedenen Entwickelungsstadien. Bei p Fig. 16 weichen eben 4 cambiale Rindenzellen auseinander, der dadurch entstehende Intercellularraum enthält eine wenig trübe Flüssigkeit. In pV Fig. 17 tritt in der einen der 4 Grenzzellen eine radiale Wand auf. In pVI und pVII sind tangentale Wände zuerst aufgetreten; p_1 ist von nur 3 Zellen begrenzt. Vergr. 400.

Fig. 18. Kleine Partie eines radialen Längsschnittes. p, m m_1 Intercellularraum und Grenzzellen eines tangental schief verlaufenden Gummiganges. Vergr. 400.

Fig. 19. Partie eines gleichgeführten Durchschnittes wie der voriger Figur. a b c d die Grenzzellen um einen mehrere Zellen langen Gummigang. p p_1 etc. linsencylindrische tangental transversal verlaufende, in den grossen Gang a b c d einmündende Seitengänge. Hier weichen die Flächen nur zweier Zellen auseinander. m m_1 die Wandstücke, welche den axial verlaufenden Gang in radialer Richtung begrenzen; die Wände derselben Zellen, welche senkrecht zur Ebene der Zeichnung und transversal verlaufen, begrenzen die Seitengänge p p p etc. Vergr. 400.

Fig. 20—21. Inula Helenium.

Fig. 20. Kleine Querschnittspartie aus der Wurzelrinde in der Nähe des Cambium. p Intercellularraum von 5 secernirenden Zellen m m begrenzt. Der Querschnitt von p ist 5seitig. Vergr. 350.

Fig. 21. Ein ähnliches Präparat in der Nähe des Korkringes entnommen. p sich eben bildender Oelgang; 1—6 Grenzzellen weichen auseinander; p_1 ähnlicher Gang von nur 2 Grenzzellen gebildet; m m_1, grössere und kleinere Kugeln ätherisches Oel führend. Vergr. 350.

Taf. L.

Fig. 22—24. Hedera Helix.

Fig. 22. Grössere Partie der secundären Rinde, die Vertheilung des Harzes darstellend, nach einem Tinctionspräparat; nach einer stärkeren Vergrösserung verkleinert. l Bastbündel. c c Cambium. Ms Markstrahl. h Harzgänge, deren jüngste Zustände in der Nähe des Cambium liegen. Harzgehalt und Ausdehnung nehmen in denselben in der Richtung des Pfeiles b zu. Der Harzgehalt der Markstrahlzellen dagegen nimmt in der entgegengesetzten (des Pfeiles a) zu.

Fig. 23. Partie eines gleichen Präparates zwischen 2 Markstrahlen Ms Ms die wirkliche Vertheilung des Harzes zeigend. p p junge Gänge in der Nähe des Cambium c c, deren Grenzzellen mit Harz erfüllt sind. v v v Elemente des Holzkörpers. Vergr. 400.

Fig. 24. Zwei ältere Gänge p_1 von 4, p von mehreren harzführenden Grenzzellen umgeben. l Bastbündel.

Fig. 25—27. Transversale Schnittpartieen der Wurzel von Ferula orientalis. (Tinctionspräparate.)

Fig. 25. Kleine Partie in der Nähe des Cambium c c, links von diesem das Gewebe des Holzkörpers v v. Gefässe, rechts die secundäre Rinde im cambialen Zu-



stand. p Gummiharzgang von 4 Zellen begrenzt, in welchen zum Theil tangentale Wände aufgetreten. Vertheilung des Harzes äusserst verschieden bezüglich der Massenanhäufung; allseitig bezüglich der verschiedenen Gewebeelemente. h grössere Tropfen reinen Harzes in Gefässen und Parenchymzellen des Holzkörpers. g h Harzemulsion (feinste Tropfen in farbloser Flüssigkeit, Gummilösung) in den Grenzzellen und den Zellen des Cambium. Vergr. 400.

Fig. 26. Kleinere Partie aus dem mittleren Theile der secundären Rinde. p Gummiharzgang von 6 Zellen begrenzt. h grössere Harztropfen. M M Markstrahl. P dem Cambium näher gelegene Parenchymzellen aus einer Reihe wie P_1 entstanden durch radiale Wände, in jeder Zelle der Reihe. Aus diesen 2 Zellreihen von P 1 — 1 und 2 — 2 betheiligen sich 4 Zellen a, b, c, d an der Begrenzung von P, während aus der Reihe P_1 sich nur 2 Zellen e, f hieran betheiligen. Vergr. 400.

Fig. 27. Aehnliche Partie in der Nähe des Korkes l. p von 4 Zellen begrenzter Gummiharzgang; die 4 Zellen führen Ballen von Gummiharz; die umliegenden Parenchymzellen führen Amylum a mit einem dünnen, meist nicht allseitigen Ueberzug von Harz. Die Zellwand des Korks erscheint roth imbibirt, genauere Musterung dünner Schnitte lässt die Wand indess farblos erscheinen, während äusserst kleine Harztröpfchen ihr anhaften; hierdurch erscheint sie in dickeren Schichten roth gefärbt. h h grössere Harztröpfchen. Vergr. 400.

Fig. 28. Querschnittspartie aus der Wurzel von Bubon gummifer. p sehr regelmässig von 4 Zellen zweier Reihen 1 — 2 begrenzter Gummiharzgang. Vergr. 350.

Taf. LI.

Fig. 29 — 31. Artemisia vulgaris.

Fig. 31. Partie eines Querschnittes einer jungen Wurzel den ganzen Holzkörper und einen Theil der primären Rinde umfassend. m m m Zellen der sogenannten Schutzscheide. Alles innerhalb dieser gelegene Gewebe war und ist zum Theil noch im Zustande eines holz- und gefässbildenden Cambium, und treten an seine Stelle mehrere nicht simultan auftretende Systeme von Holzstrahlen; das erstentstehende besteht aus 3 Strahlen 1, 1 1, das zweite aus 3 Strahlen II II, deren Ausbildung centripetal vorschreitet. Jedem Holzbündel entspricht eine (3zählige in diesem Falle) Gruppe von ätherischen Oelgängen c; I II III IV Grenzzellen eines Ganges. Vergr. 400.

Fig. 29. Aehnliche aber kleinere Partie zwischen zwei Armen der zuerst entstandenen Holzstrahlen 1, 1, II das secundäre Holzbündel (s. I II Fig. 30). C Cambium dem secundären Holzbündel gegenüber. M M Schutzscheide. $p_{\prime}$ $p_{\prime}$ $p_{\prime\prime}$ ätherische Oelgänge älteres Stadium braune Tröpfchen ätherischen Oeles führend. I II III IV Grenzzellen eines Kanals. Vergr. 400.

Fig. 30. Ganzer Querschnitt der Wurzel. I I I erstangelegtes System; II, II, II später angelegtes System von primären Holzbündeln. c Cambium, den letzteren gegenüberliegend, mit ersteren alternirend. p p p erstentstandene Oelgänge; p_1 p_1 p_1 später entstandene Oelgänge. M M Schutzscheide. (Nach einer stärkeren Vergrösserung schematisch.)

Fig. 32, 33, 34. Pittosporum Tobira.

Fig. 32. Grössere Partie der secundären Rinde (Lupenbild). p_1 p_1 Region der eben entstehenden Oelgänge. p p Region der ausgebildeten Gänge der älteren Rinde.

Fig. 33. Aelterer Oelgang grosse Oelmassen führend. Vergr. 250.

Fig 34. Partie aus p_1 der Fig. 32. Das Auseinanderweichen in Richtung der Tangente mehrerer Zellen, die Entstehung eines spaltenförmigen Intercellularraums p zeigend. Die Grenzzellen führen Amylum, mit einem Ueberzug gelben Oeles. V. 250.

Taf. LII.

Fig. 36—37. Imperatoria ostruthium. Querschnitte junger Wurzeln schematisch. α β γ δ peripherische Secretionskanäle. a Fig. 36. Grosser Secretionskanal nach dem Eintritt cambialer Thätigkeit entstanden; b, d, ebensolche vor derselben zur Zeit der Anlegung der primären Fibrovasalmassen entstanden.

Fig. 37. Vom Centrum aus gemustert: e, f, d secundäre Fibrovasalstrahlen unter sich gleichwerthig mit ebensovielen grössten Kanälen in der Rinde. a, b, 2 Arme, welche den genannten ungleichwerthig sind, eine frühzeitige Gabelung eines Hauptarmes wie e f d vorstellend. Die Zahl der peripherischsten kleinsten Kanäle α β etc. ist 16 (4 . 4). Zwischen je zwei Hauptgabelästen e, f, d kommen 4 solcher zu liegen. Von dieser Regelmässigkeit machen die 4 kleinen Kanäle, welche zwischen b u. d liegen, eine Ausnahme, insofern der von α b links gelegene Kanal zwischen die beiden Arme a u. b hineinfällt, Folge nachträglicher Zerrung in den verschiedenen Geweben (vergl. Fig. 36 u. 37).

Fig. 38. Archangelica officinalis. Querschnitt einer jungen Wurzel. a a . . secundäre Fibrovasalstrahlen. bb . . und cc . . Gabeläste verschiedener Ordnung. Das jedem Hauptast a a . . . zugehörige Bündel secundärer Rinde ist mit einer römischen Ziffer I—VI bezeichnet. Sämmtliche Kanäle sind durch die secundären Fibrovasalmassen ihrer Stellung beeinflusst, und zur Zeit der Entstehung dieser von innen nach aussen, in entgegengesetzter Richtung angelegt. Keines der Systeme I—VI ist dem andern gleichwerthig. In jedem finden sich die Eigenthümlichkeiten des Fibrovasalbündels in dem secundären Rindenbündel ausgedrückt.

Taf. LIII.

Fig. 39. Abies excelsa. Querschnitt durch einen einjährigen Zweig, Tinctionspräparat schematisch. M Mark. p R primäre Rinde. c Cambiumring. d d Holzmarkstrahl. p primäre Harzkanäle, die Zahl solcher von der Zahl der primären Holzbündel abhängig. p_1 secundäre Harzkanäle regellos gestellt.

Fig. 40. Imperatoria ostruthium. Querschnitt einer jungen Wurzel vor der Anlegung secundärer Fibrovasalstrahlen. a b c d e fünfeckiger primärer Holzkörper. v v_1 Gefässe, welchen gegenüber die Kanäle p^I p^{II} u. s. f. (b, d Fig. 36) entstehen. Die cambialen Zellreihen, welche zwischen diesen und jenen liegen, zeigen eine von der tangentalen Ausdehnung des Gefässquerschnittes abhängige Breite. Vergr. 400.

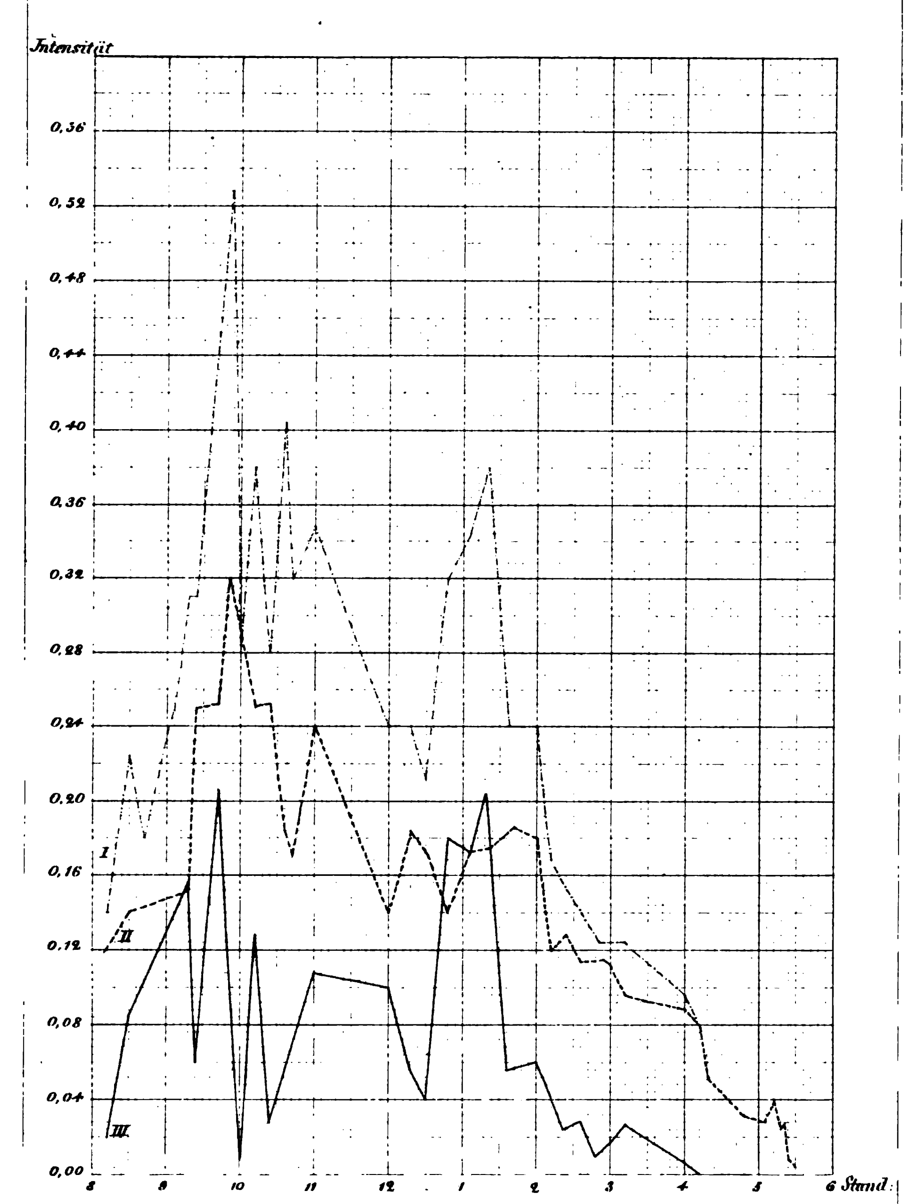
Fig. 41. Sorghum vulgare. Kleine Querschnittspartie der Wurzel, ausserhalb der Kernscheide. $\overline{CA}$ Richtung des Radius. i Intercellularräume.

Fig. 42 u. 43. Schemata zur Demonstration der Dehnung cambialer Zellen im Querschnitt durch eine Gefässzelle v Fig. 42 e f c d. Fig. 43.

Druck von Fr. Frommann in Jena.

Inhalt

des vorliegenden Doppelheftes 3 u. 4.



A. Wolkoff del. *C. Laue lith.*



Auf dem Königsstuhl bei Heidelberg
bei vollkommen heiterem Himmel

den 3ten Juli 1865. den 7ten Juli 1865.

Intensität

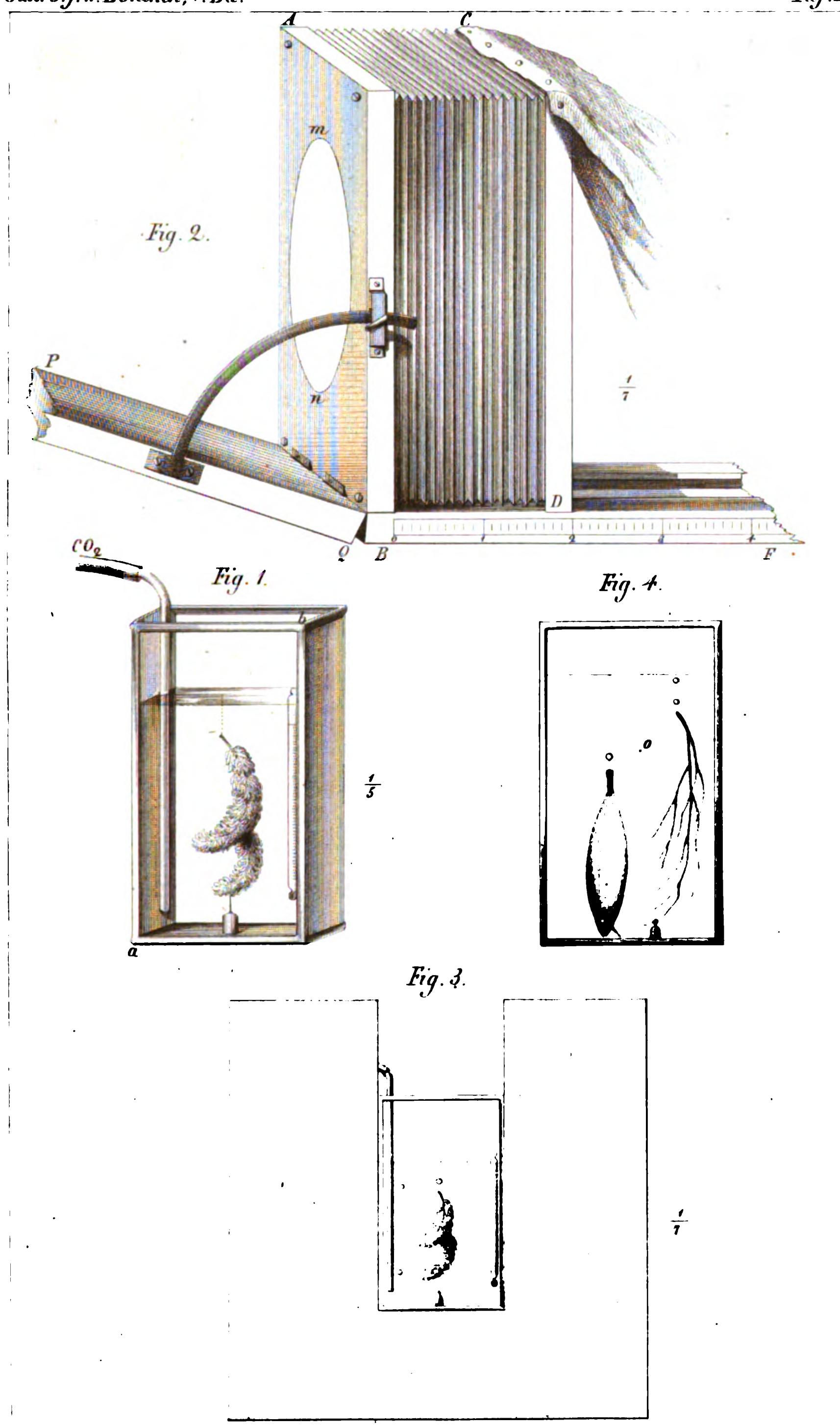
0,60
0,56
0,52
0,48
0,44
0,40
0,36
0,32
0,28
0,24
0,20
0,16
0,12
0,08
0,04
0,00

I II III

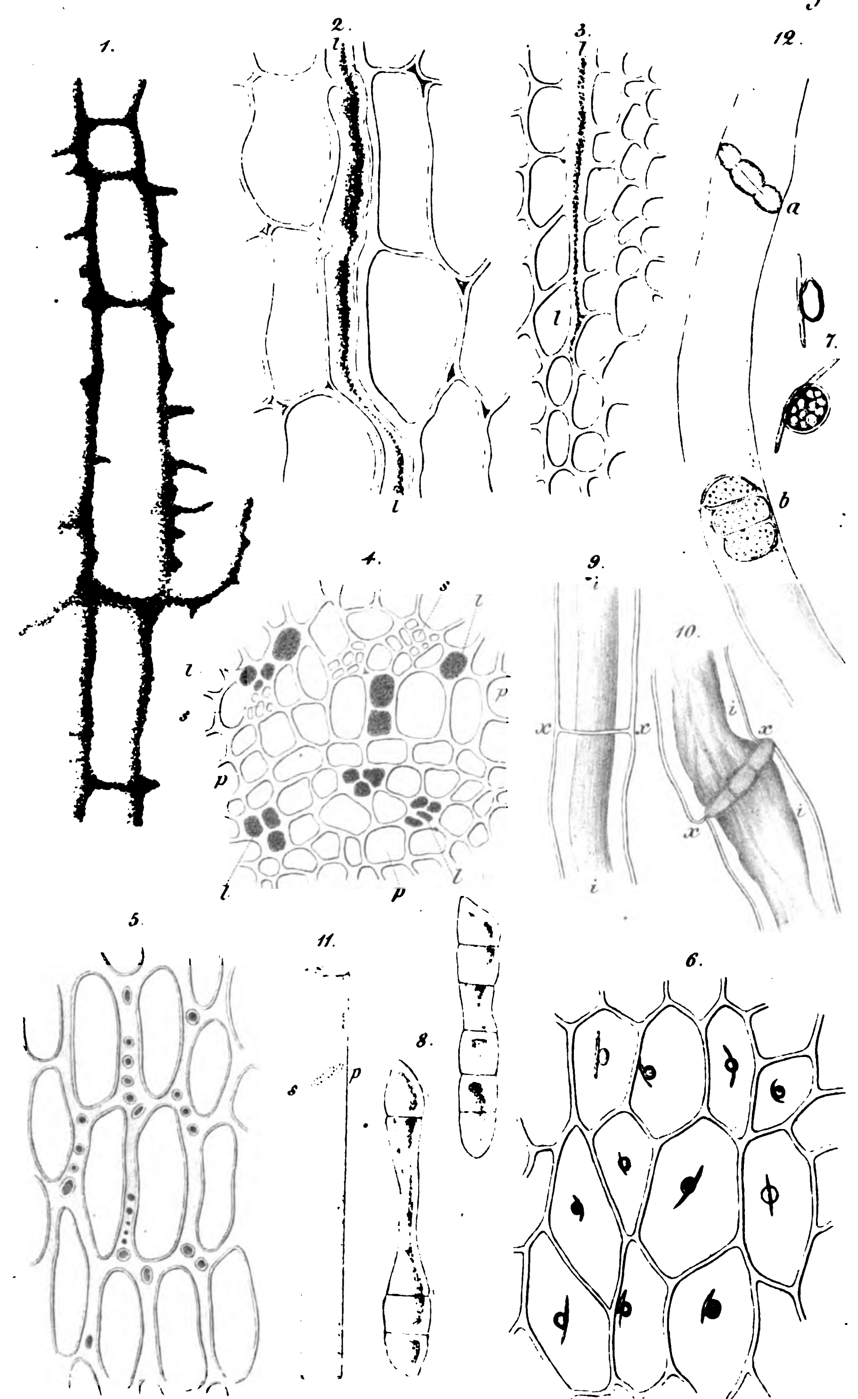
9 10 11 12 1 Stund. 8 9 10 11 12 1 Stund.

Curven N° I. Sonne und Himmel.
N° II. Himmel allein.
N° III. Sonne allein.

A. Wolkoff del. C. Laue lith.

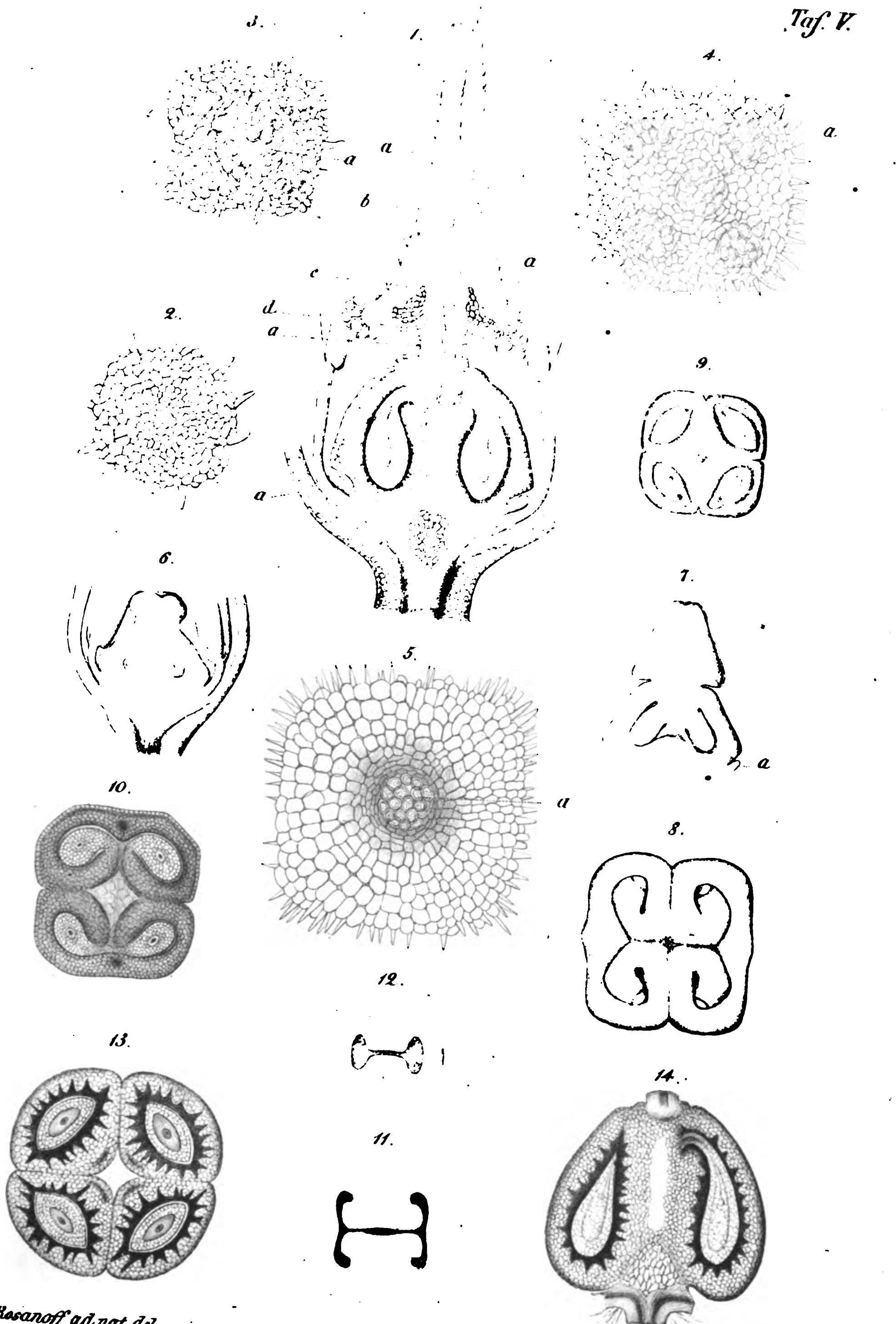


A. Wolkoff del. C. Laue lith.



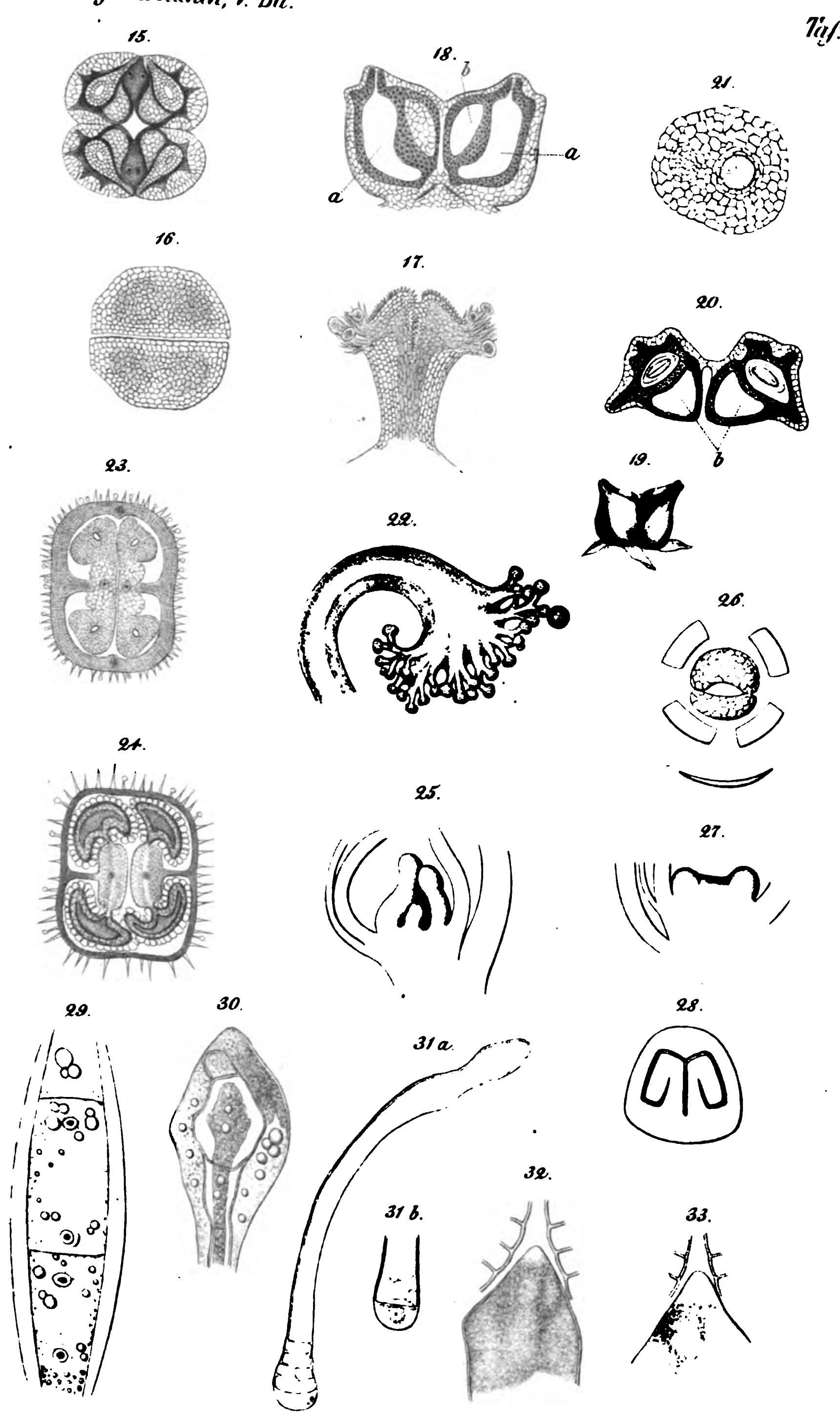
Vogl ad nat. del. C. Laue lith.

Taf. V.



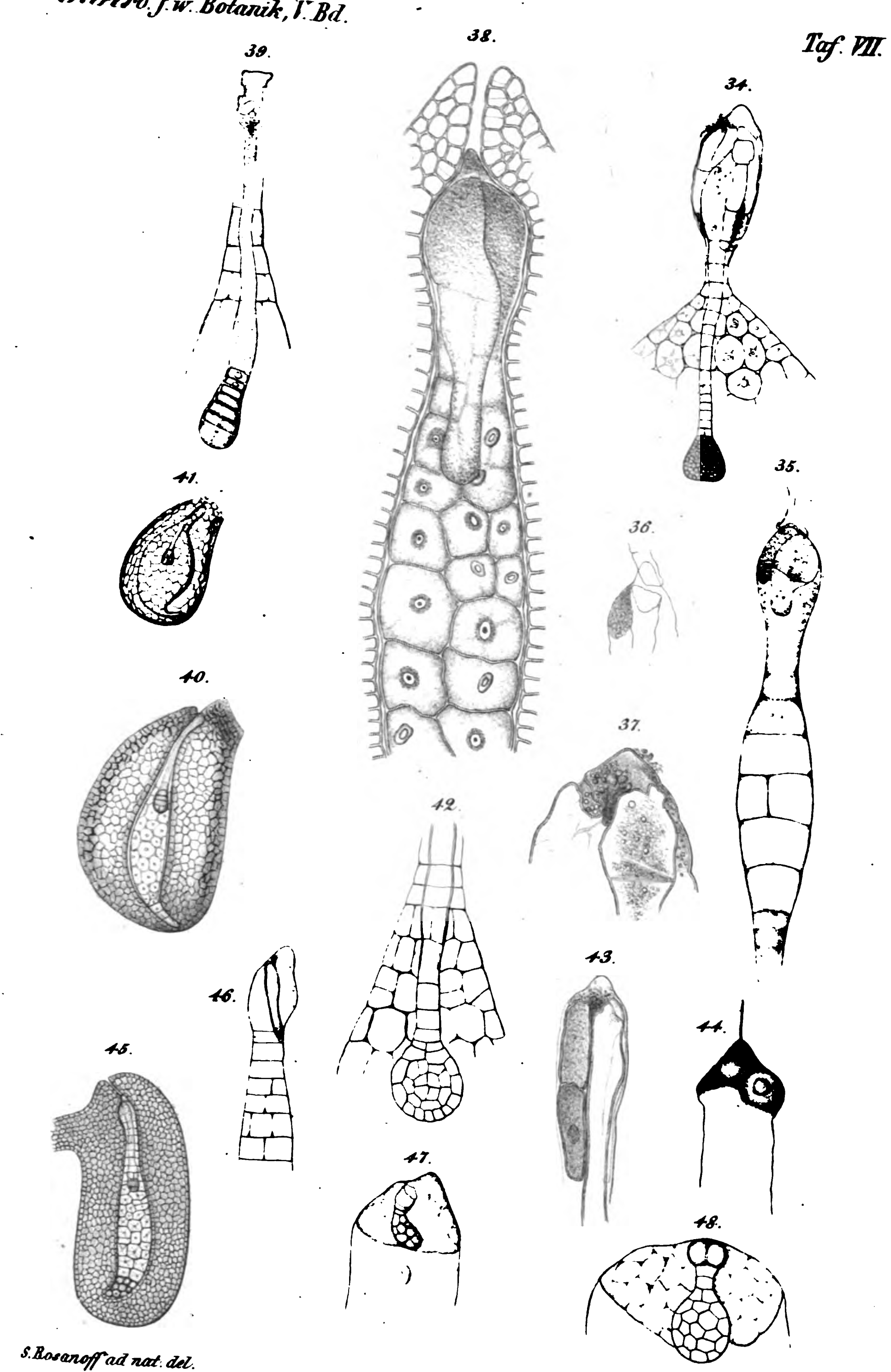
S. Rosanoff ad nat. del.

C. Laue lith.



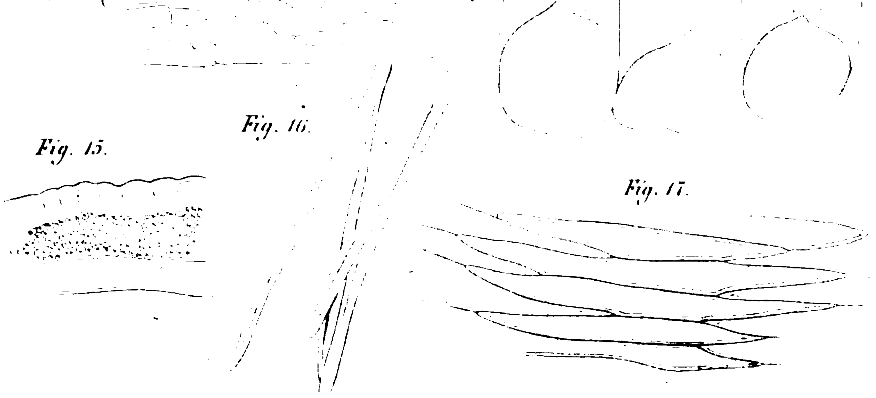
S. Rosanoff ad nat. del.

C. Laue lith.



S. Rosanoff ad nat. del.

C. Laue lith.



G. Kraus ad nat. del. C. Laue lith.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

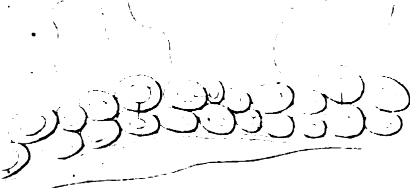
Fig. 26.

Fig. 27.

G. Kraus ad nat. del.

C. Laue lith.

Fig. 28.



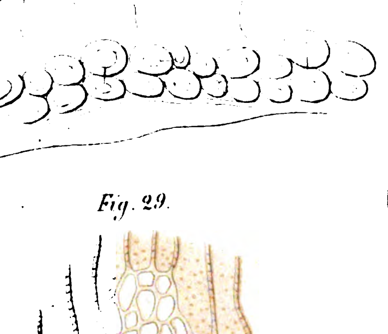


Fig. 30.

Fig. 29.



Fig. 31.

Fig. 33.

Fig. 32.



G. Kraus ad nat. del.

C. Laue lith.

Fig. 34.

Fig. 35.

Fig. 36.

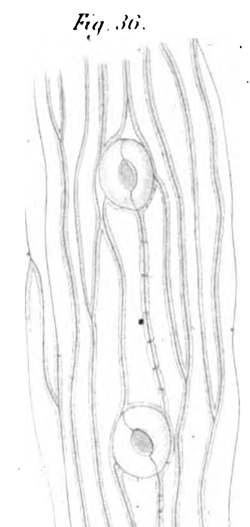


Fig. 37.

Fig. 38 a.

Fig. 38 b.

Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 39.

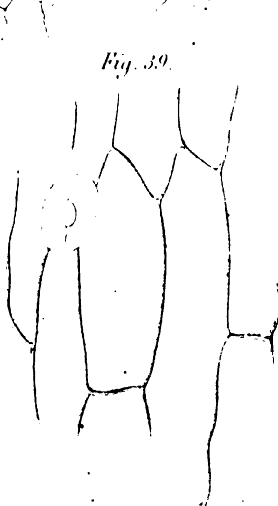


Fig. 44.

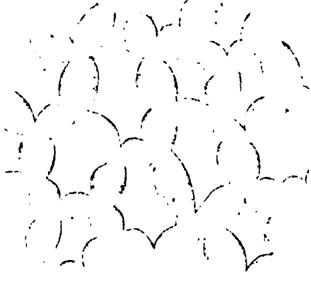


Fig. 43.



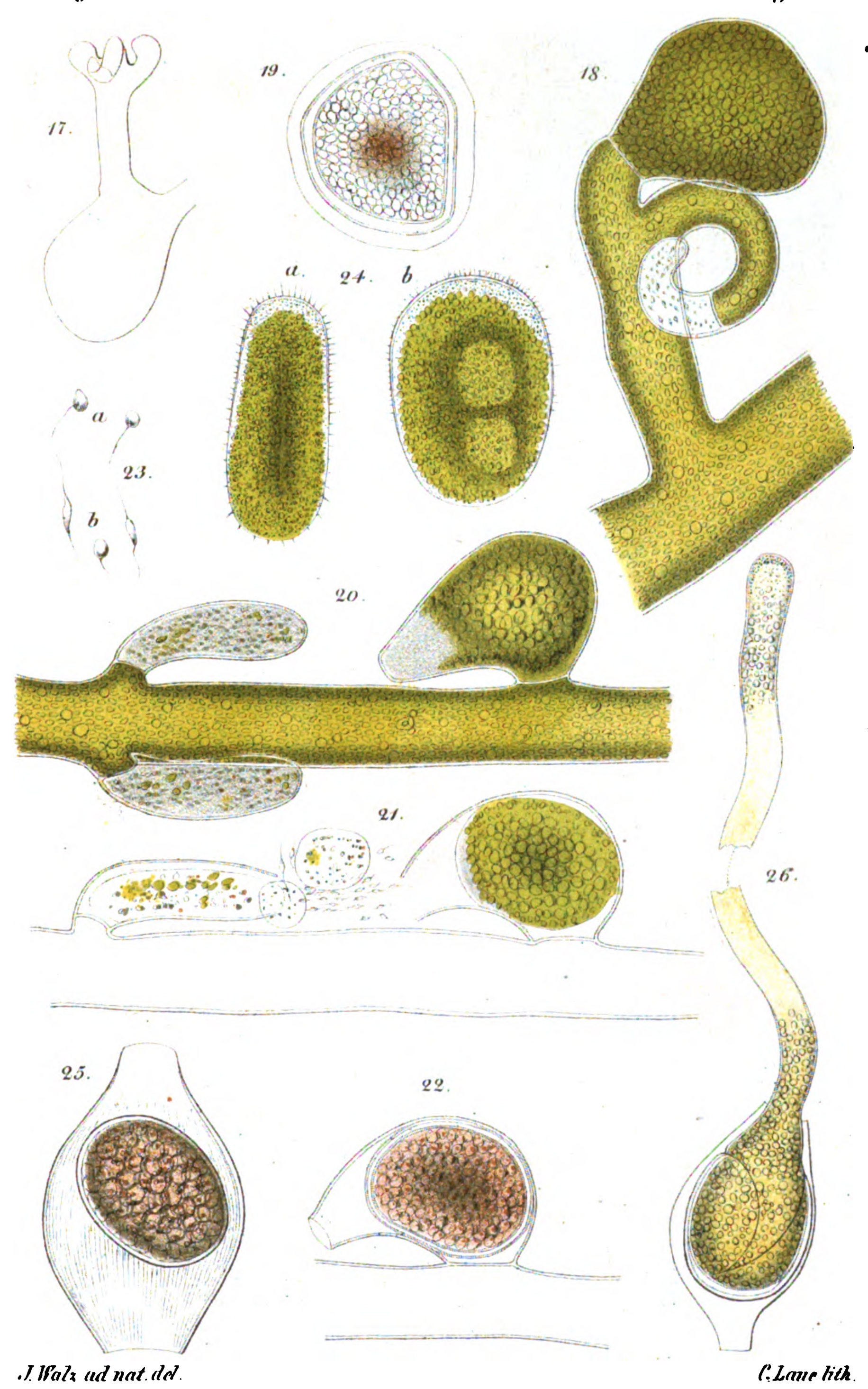
Fig. 42.

G. Kraus ad nat. del. C. Laue lith.

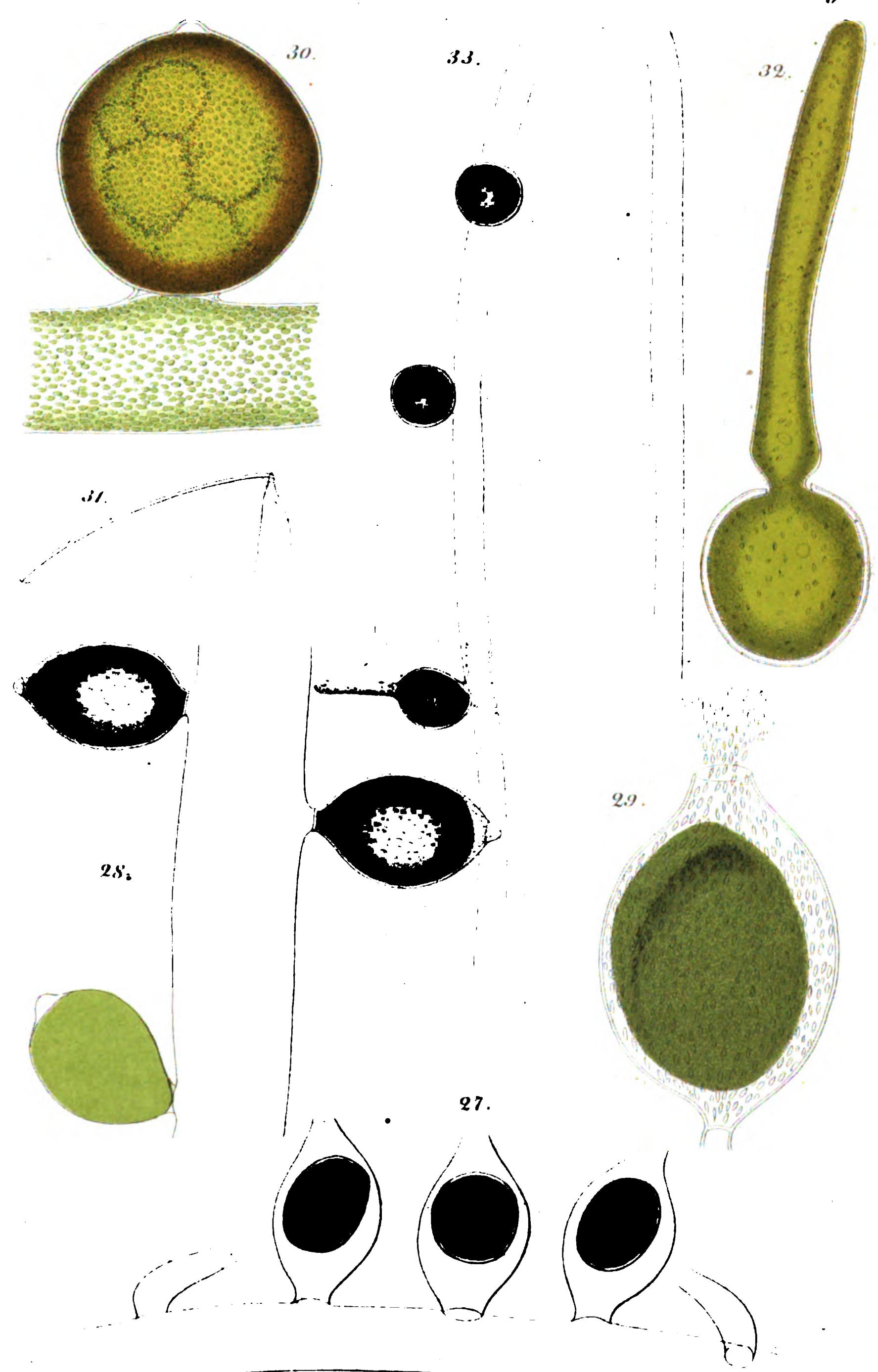
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16.

J. Walz ad nat. del.

C. Laue lith.

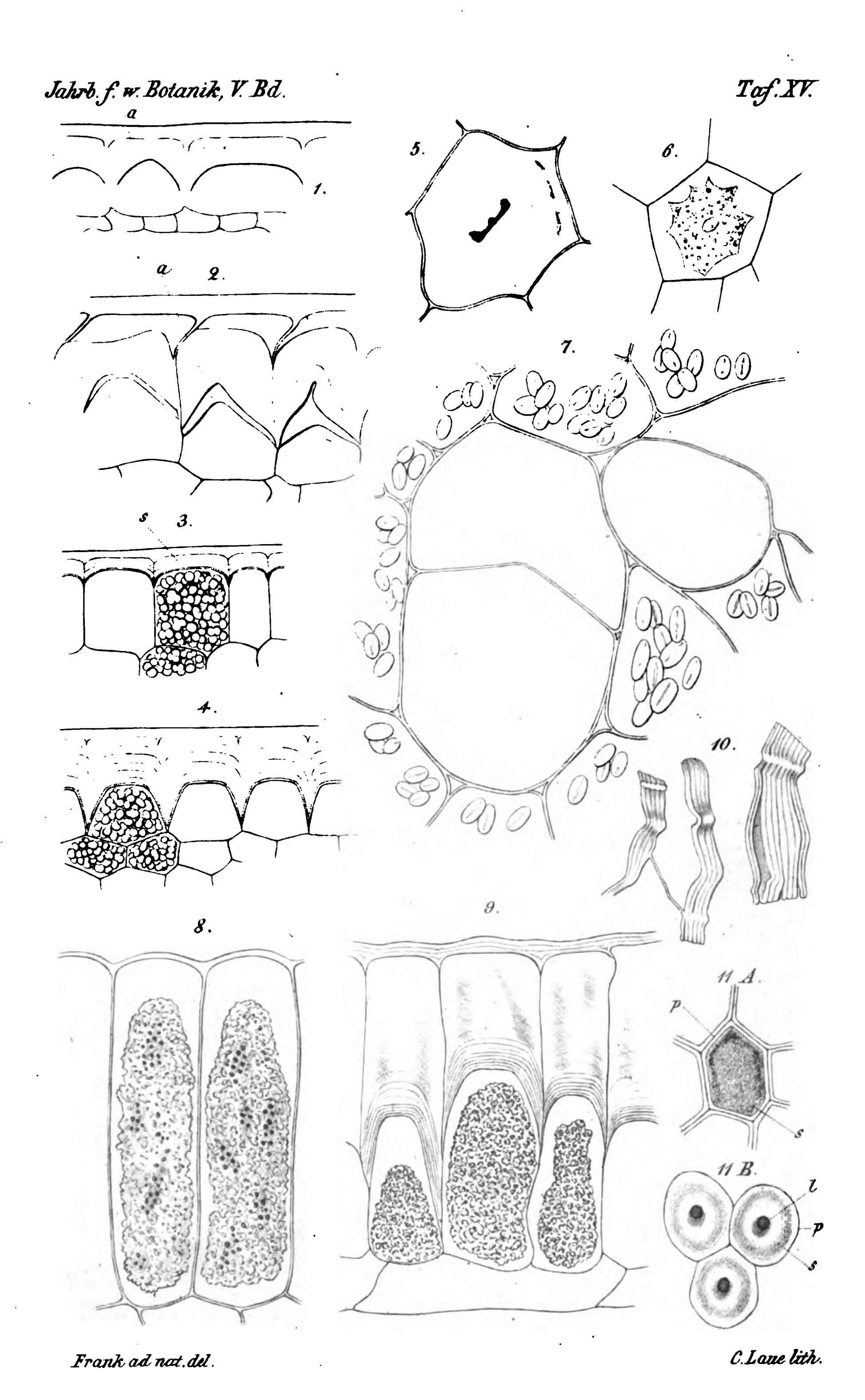


J. Walz ad nat. del. C. Laue lith.



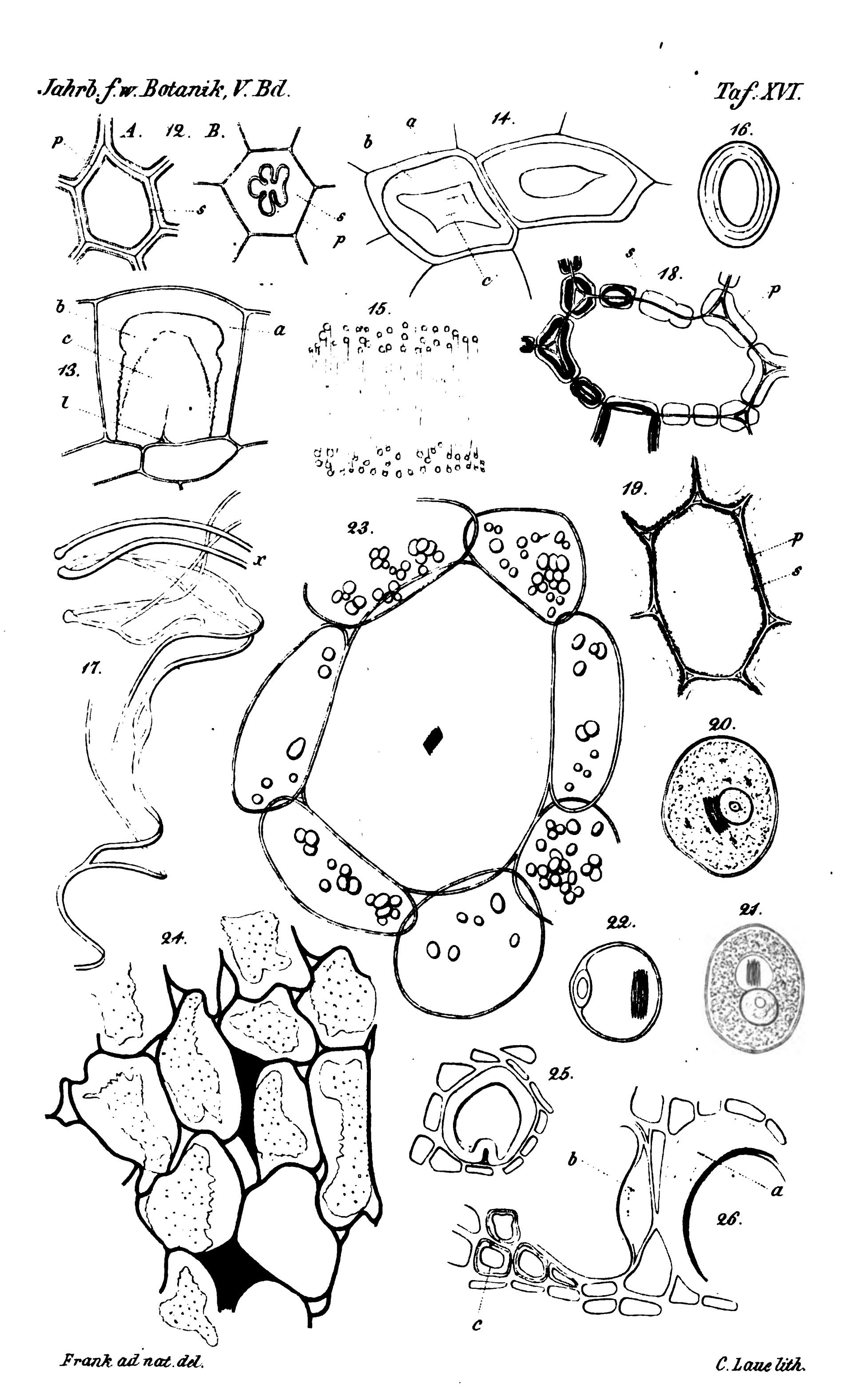
J. Walz ad nat. del.

C. Laue lith.



Frank ad nat. del.

C. Laue lith.



Frank ad nat. del. C. Laue lith.

2. 3. 1 a. 1 b.

g
e
s

4. 5.

7.

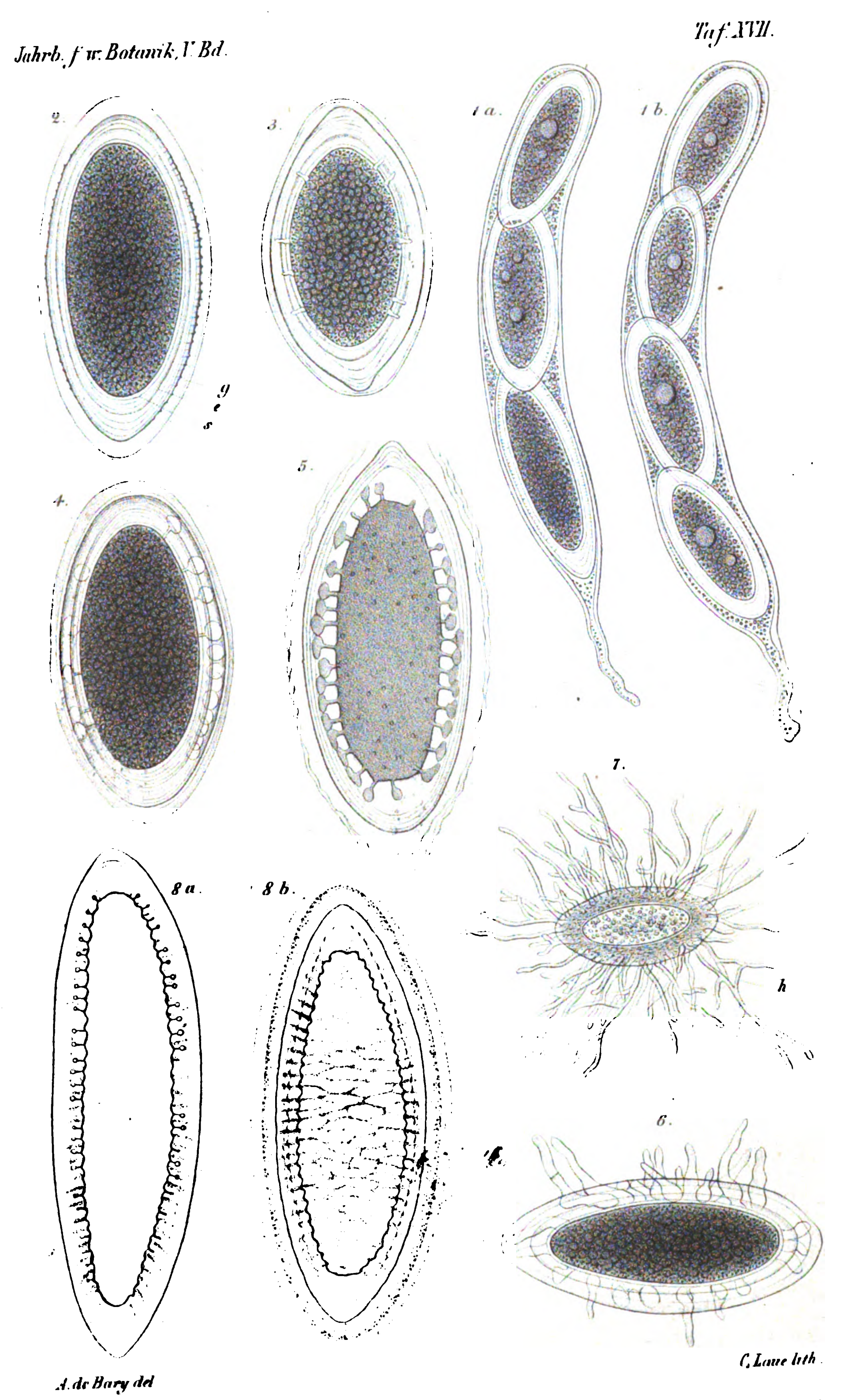
h

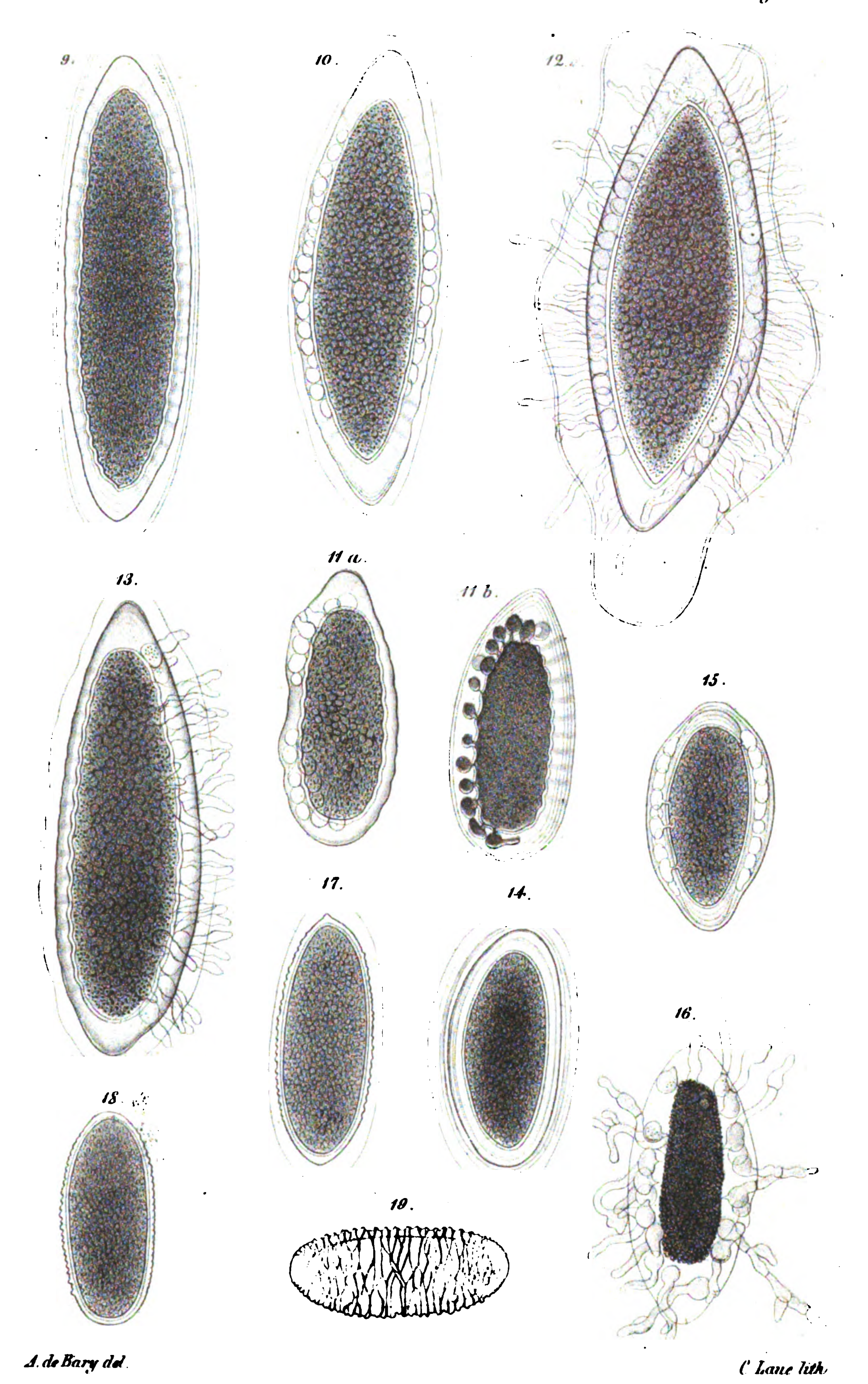
8 a. 8 b.

6.

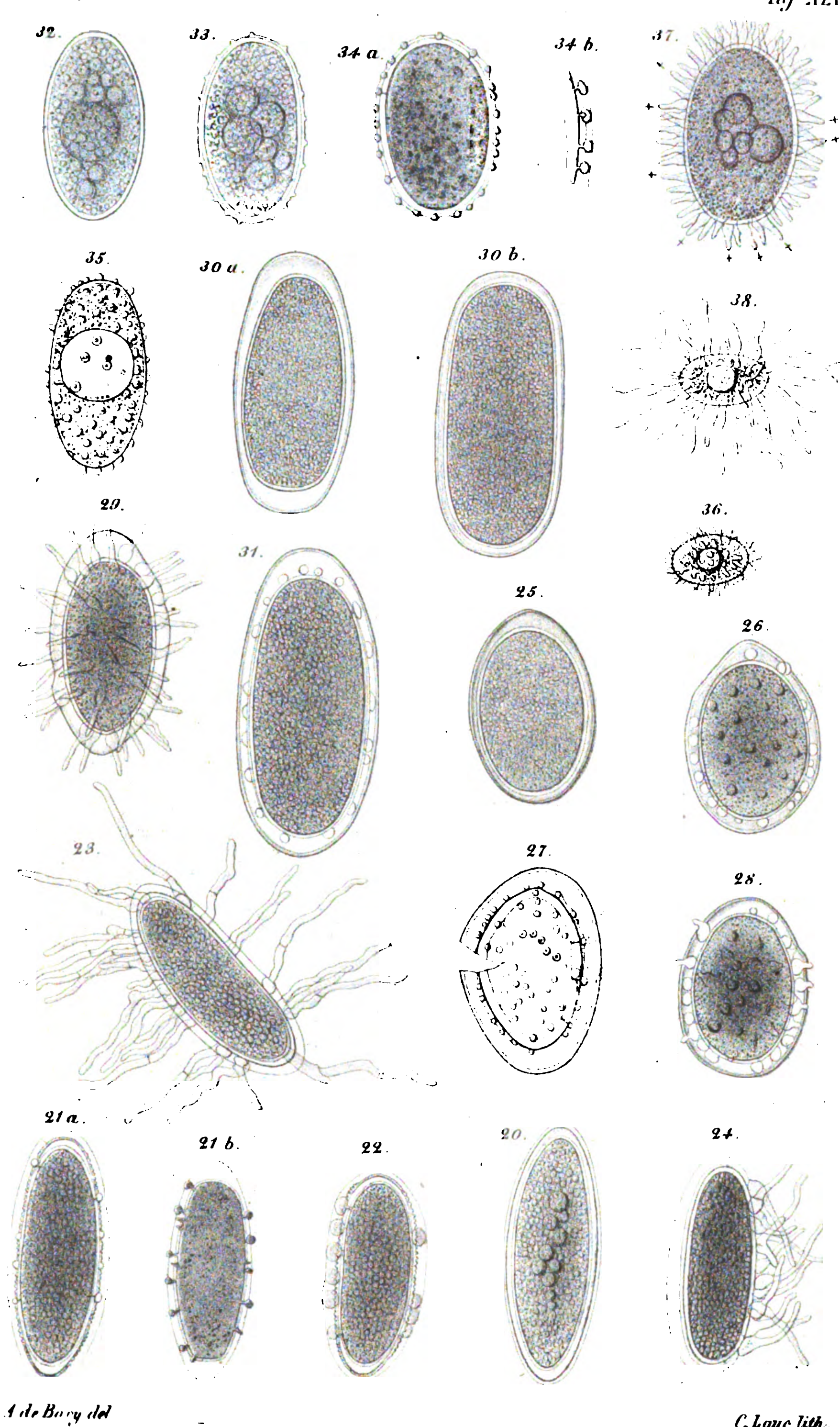
A. de Bary del.

C. Laue lith.


1 a.
1 b.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8 a.
8 b.
g
e
s
h
A. de Bary del.
C. Laue lith.



A. de Bary del. C. Laue lith.



A. de Bary del.

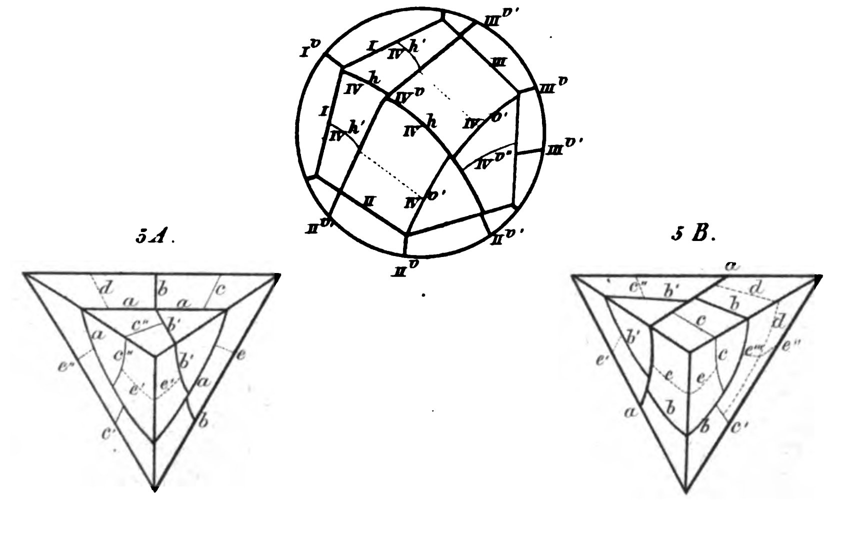
C. Laue lith.

1.

2.

3.

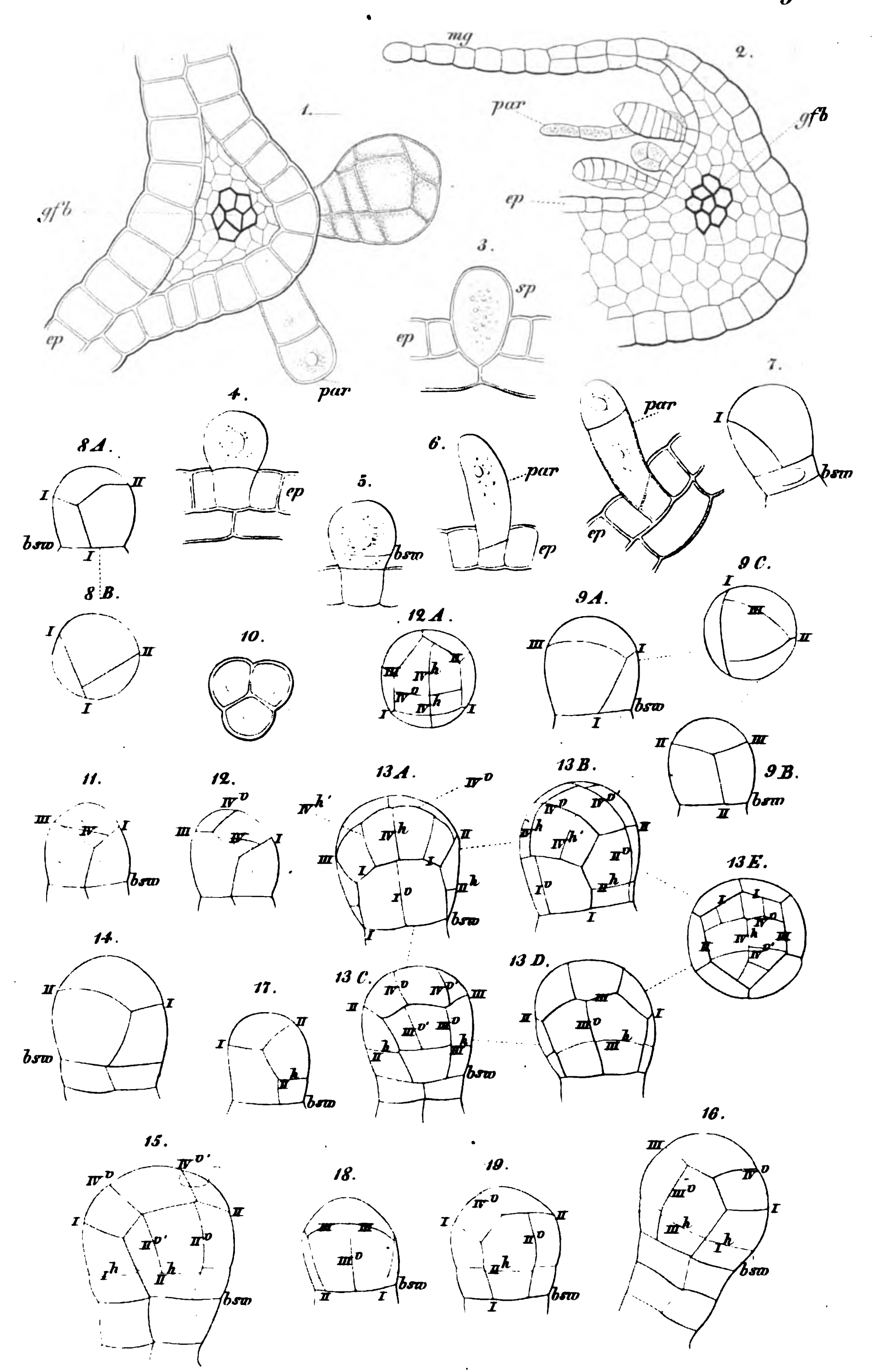
4.



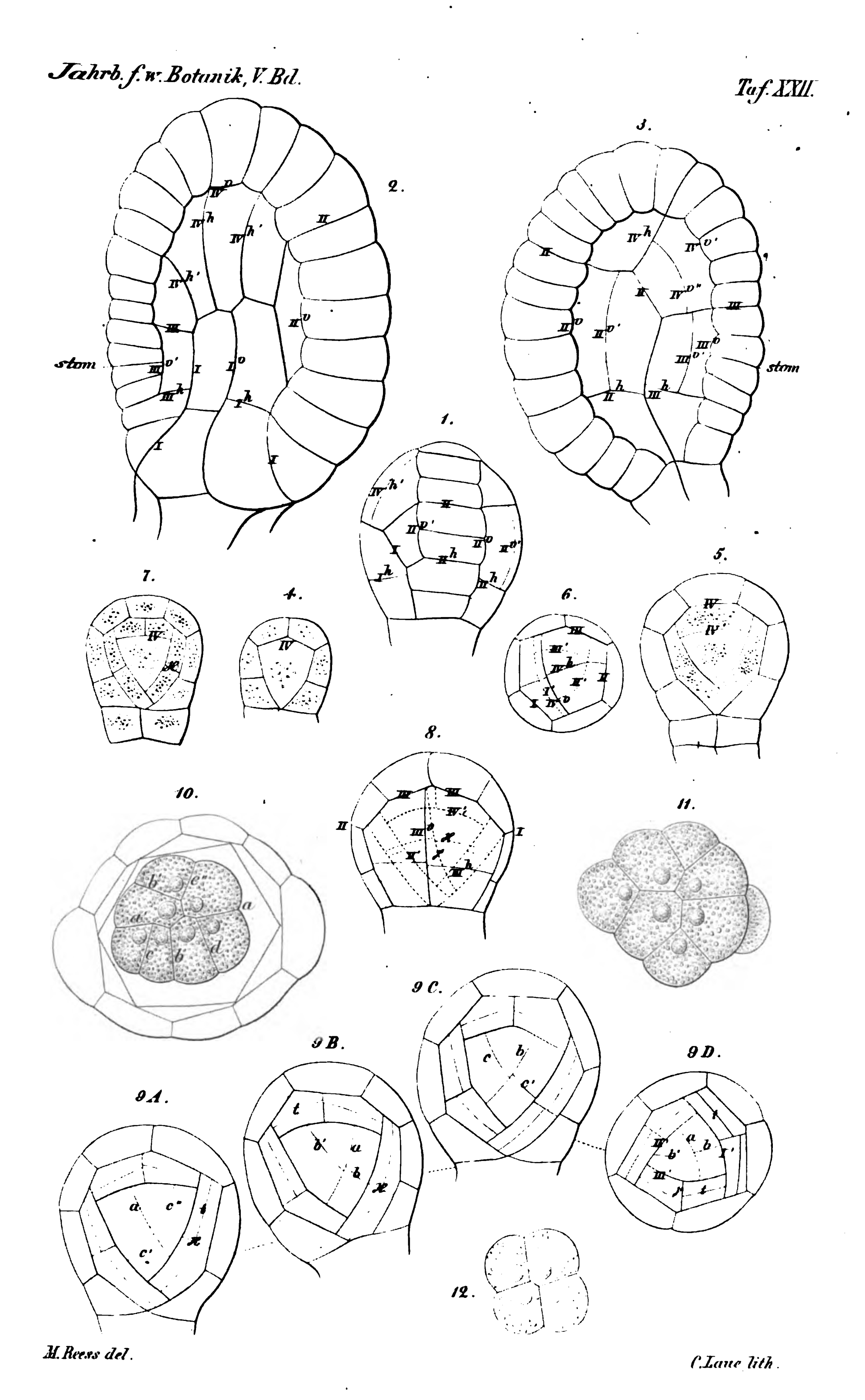
5 A.

5 B.

M. Reess del. C. Laue lith.

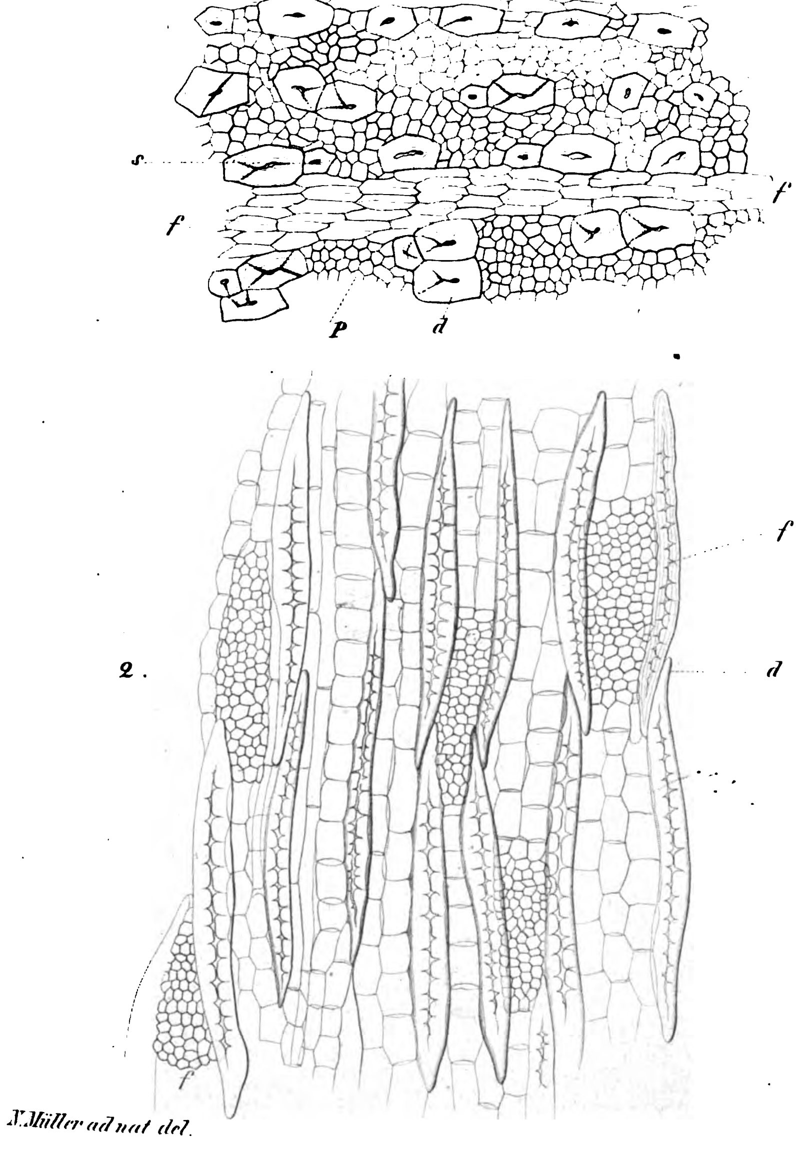


M. Reess del. C. Laue lith.



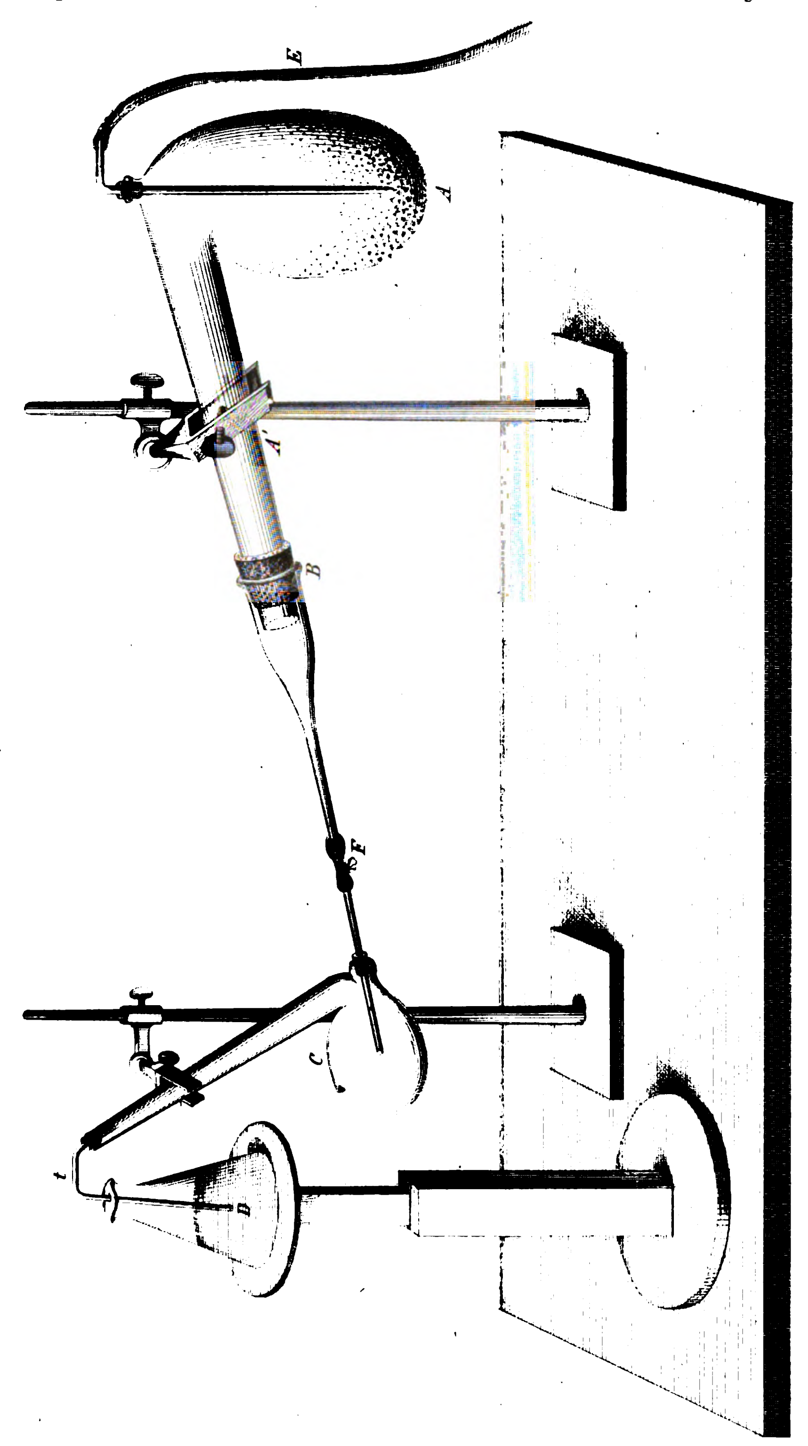
M. Reess del.

C. Laue lith.



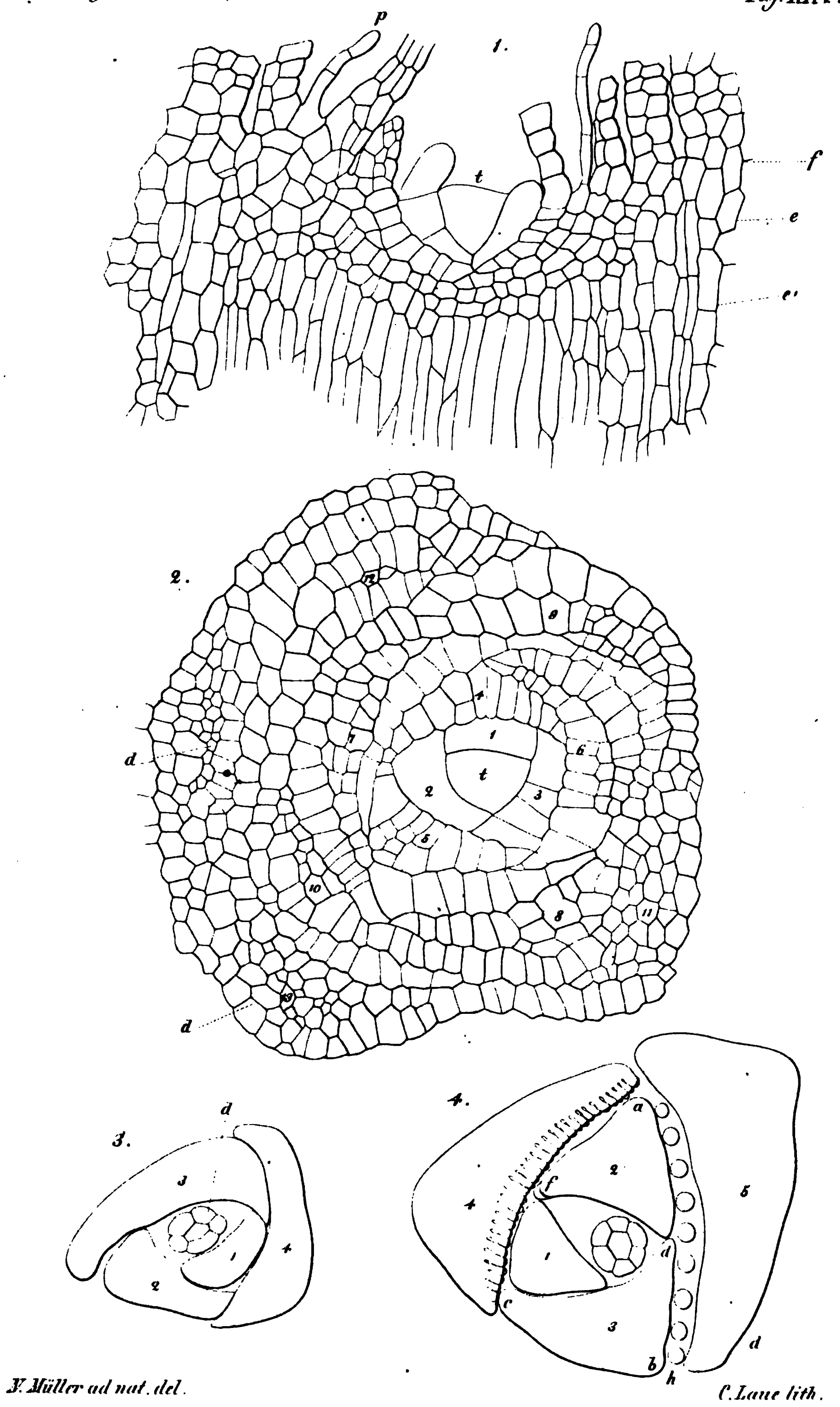
N. Müller ad nat. del.

C. Laue lith.

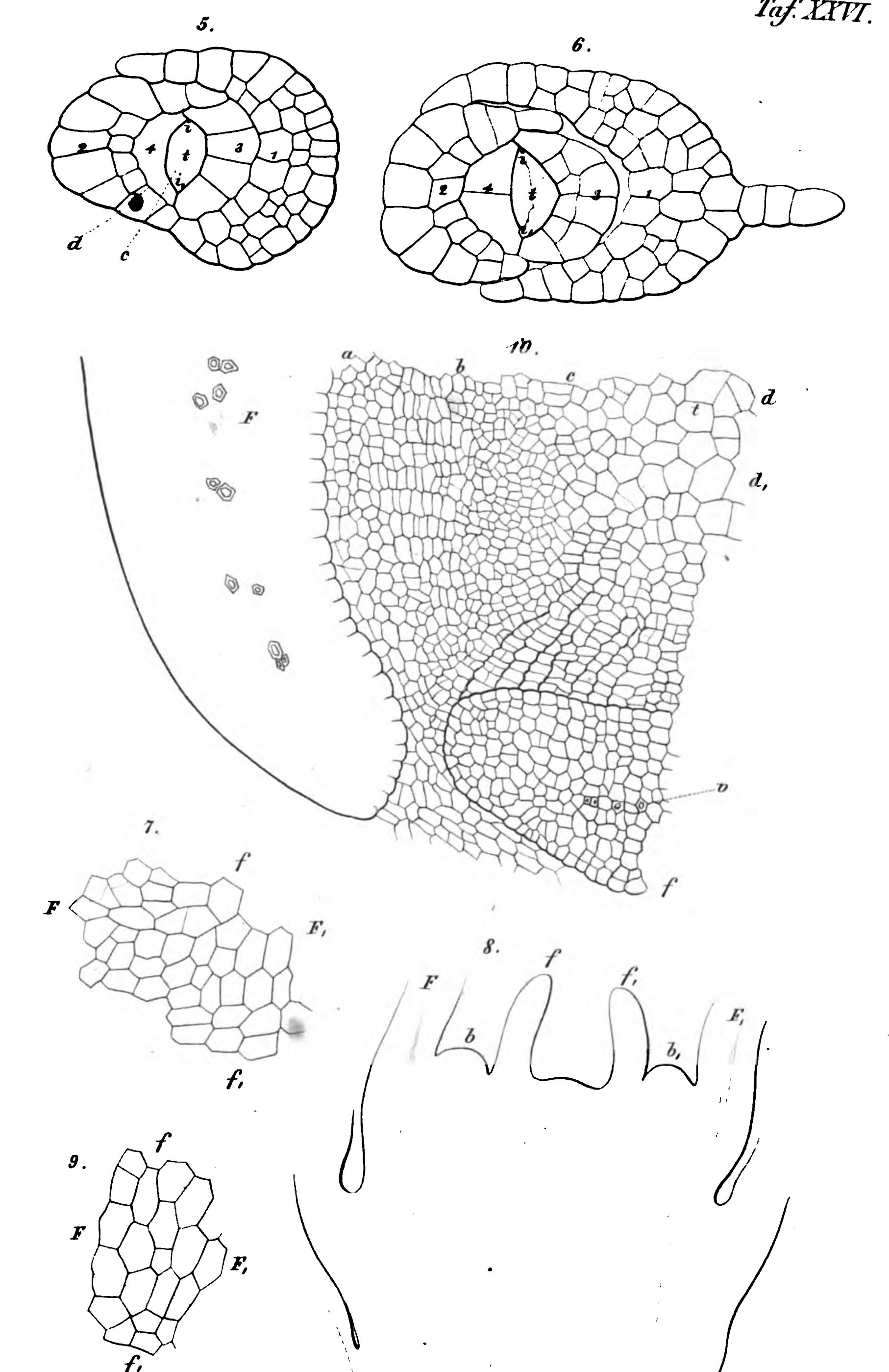


N. Müller del.

C. Laue lith.

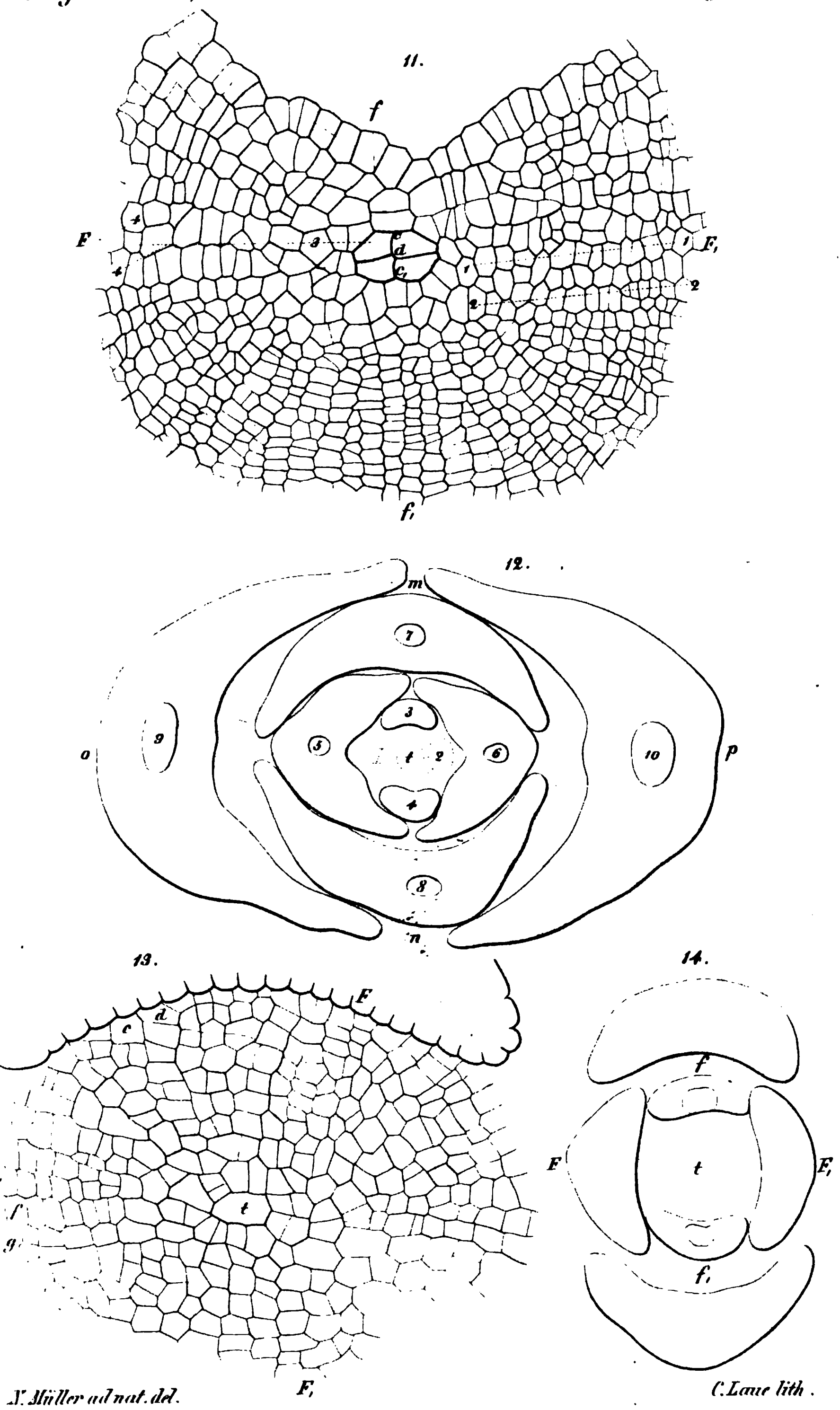


V. Müller ad nat. del. C. Laue lith.

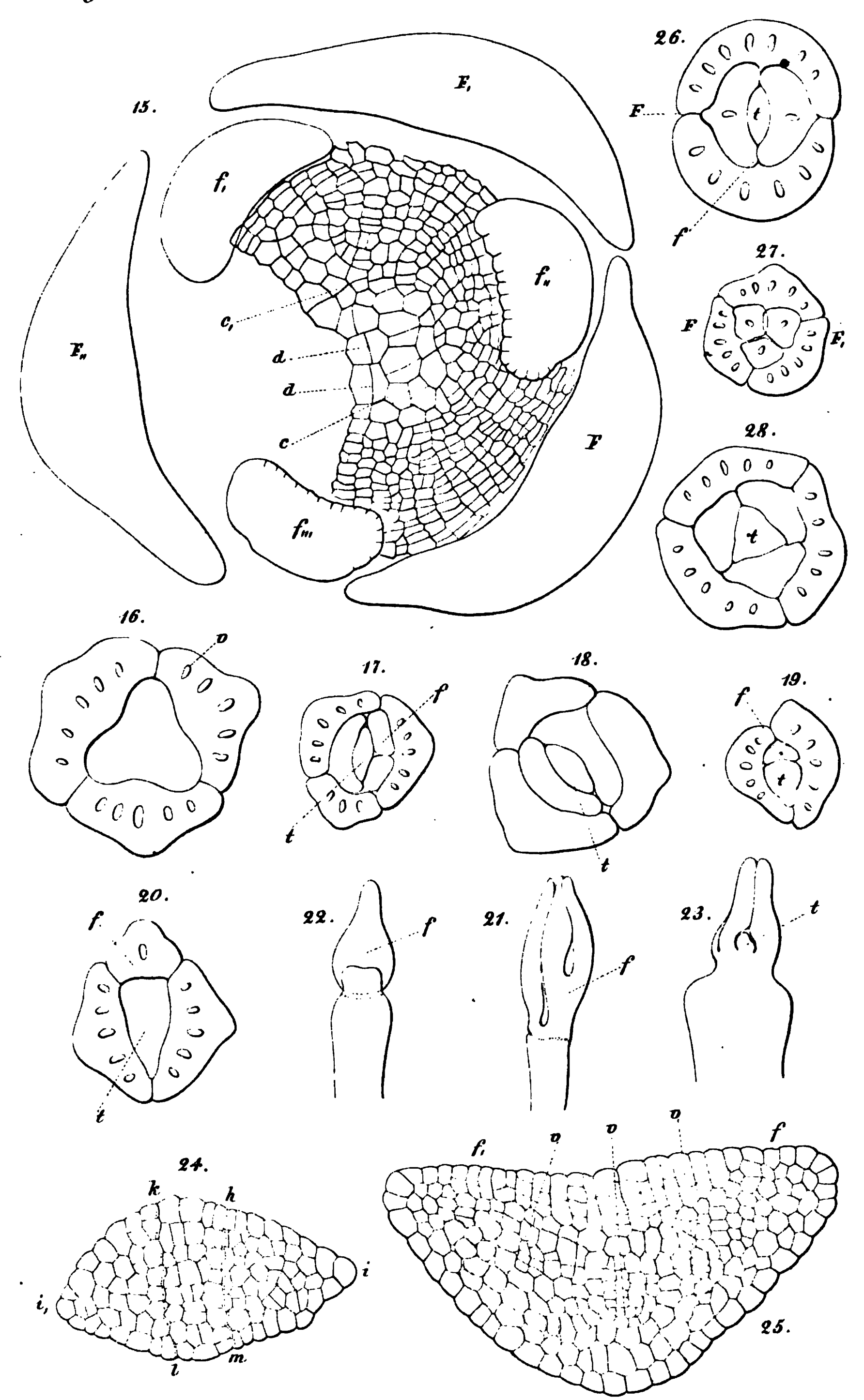


N. Müller ad nat. del.

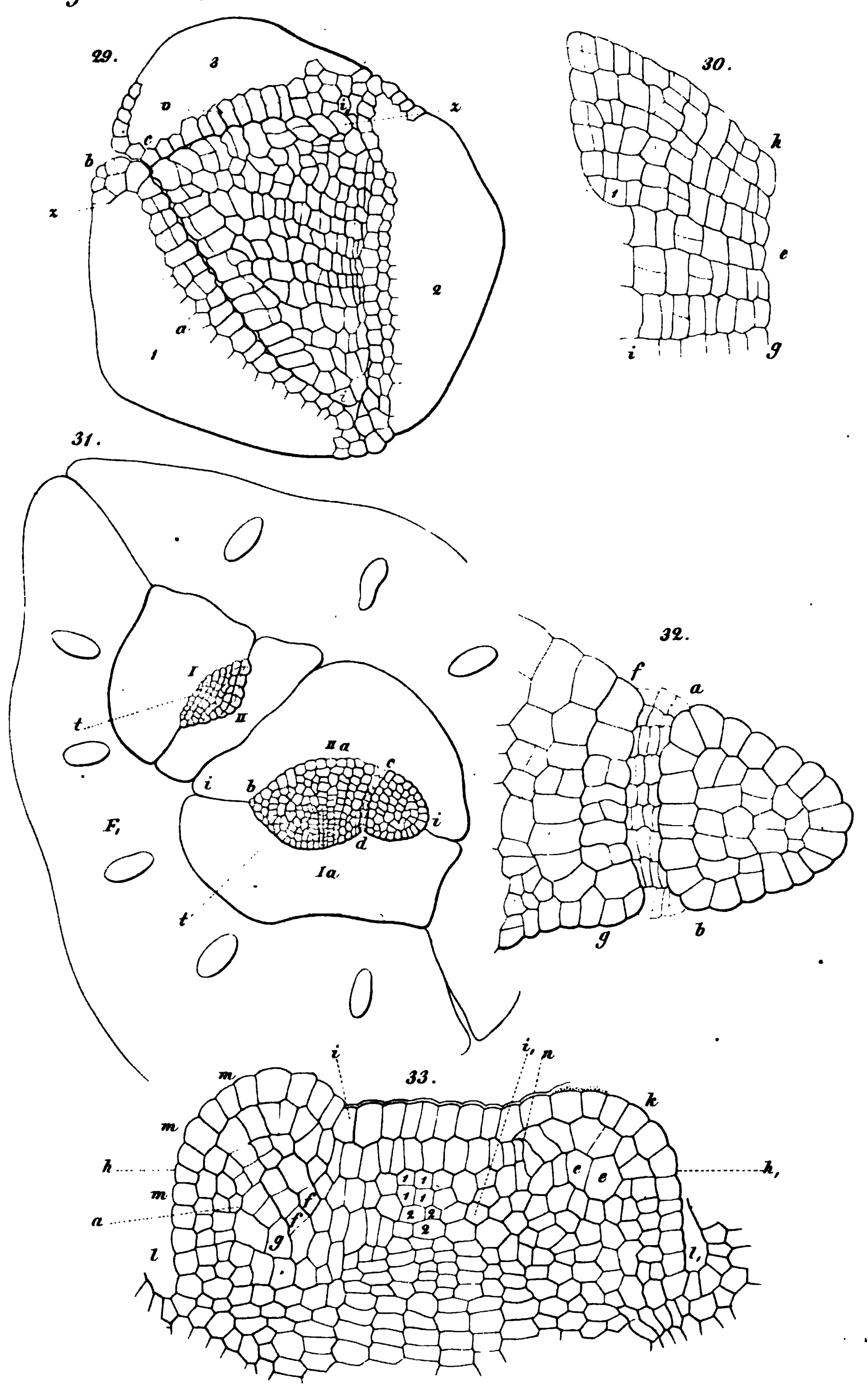
C. Laue lith.



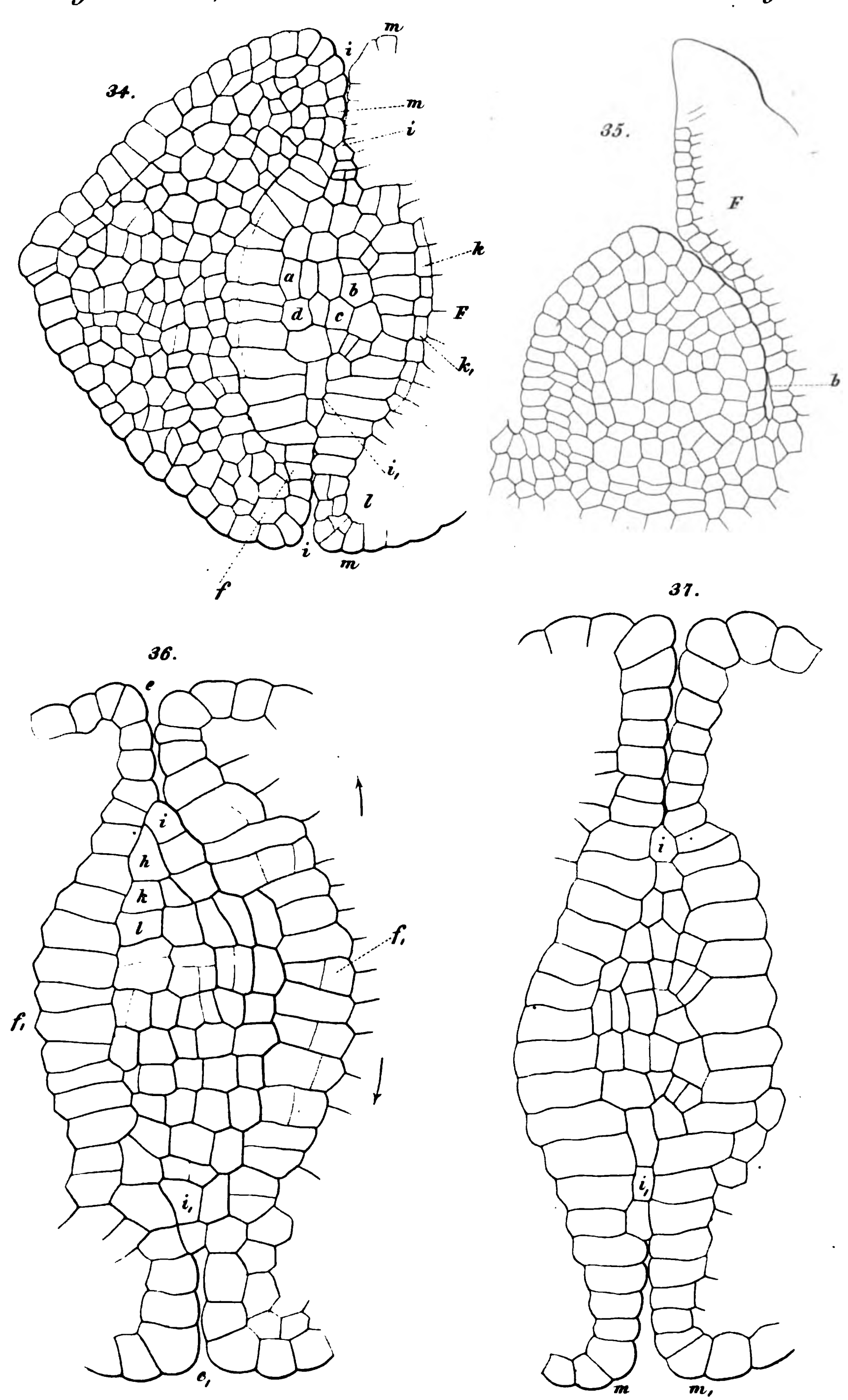
N. Müller ad nat. del. C. Laue lith.



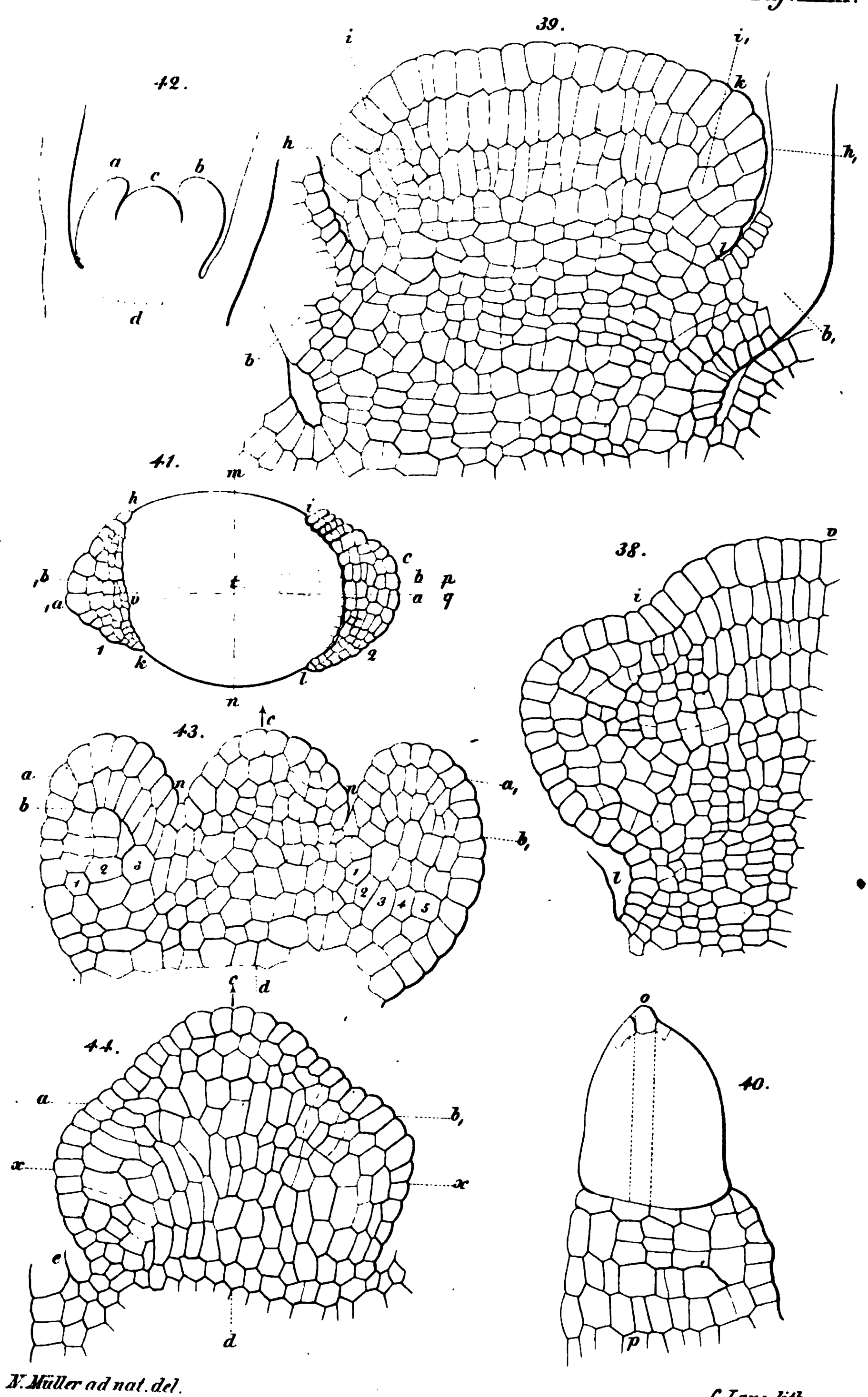
N. Müller ad nat. del. C. Laue lith.



V. Müller ad nat. del. C. Laue lith.

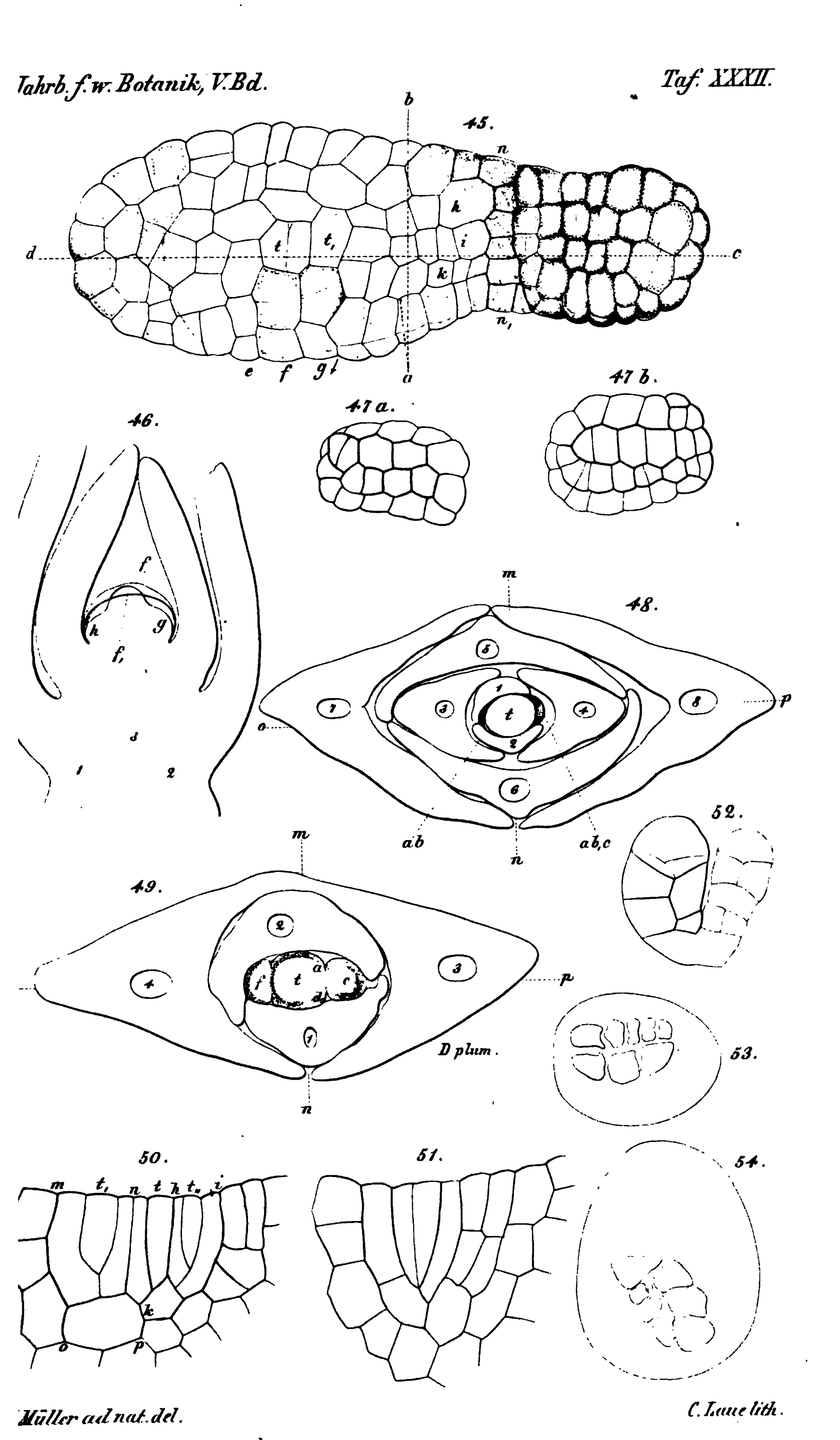


F. Müller ad nat. del. C. Laue lith.

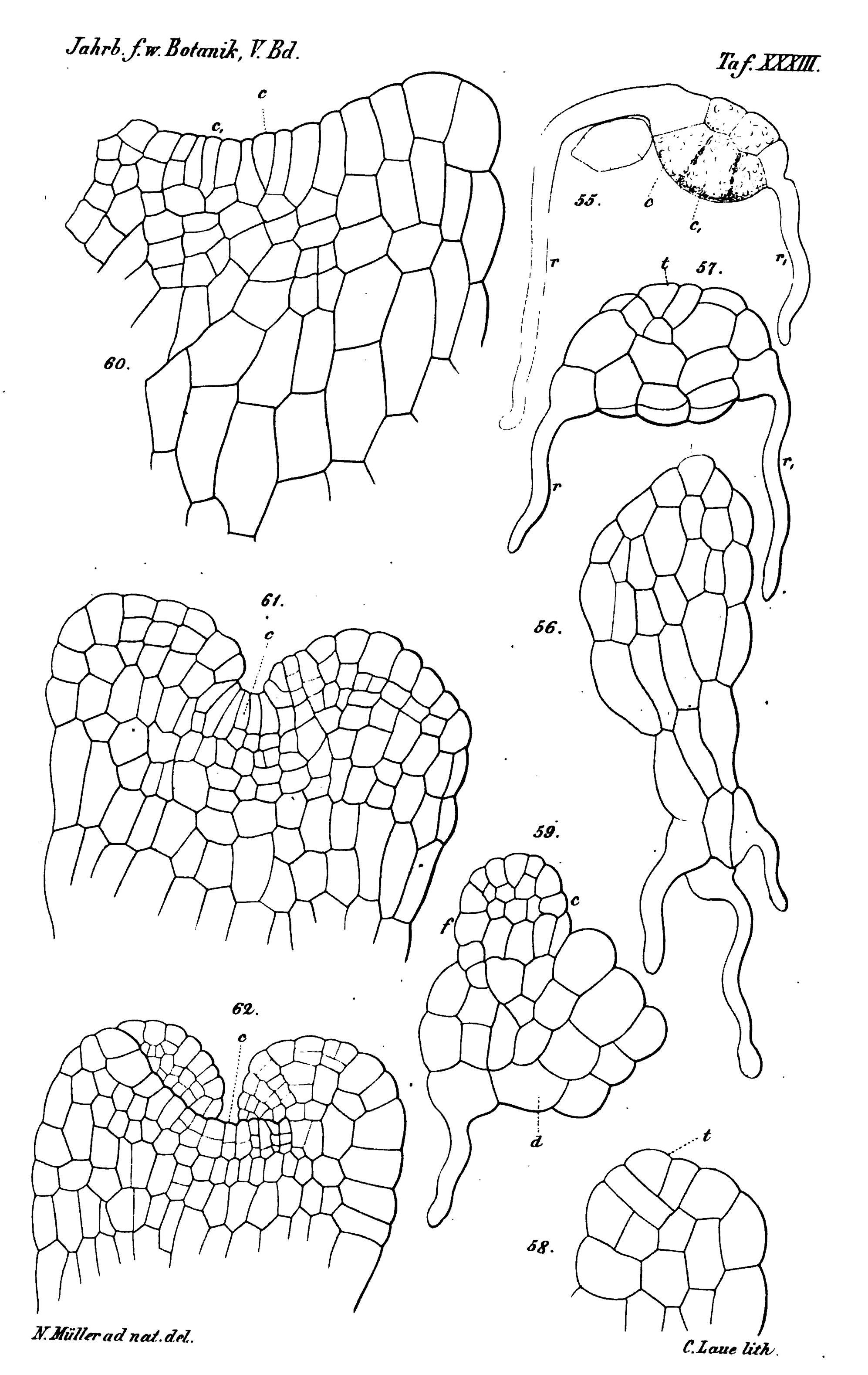


N. Müller ad nat. del.

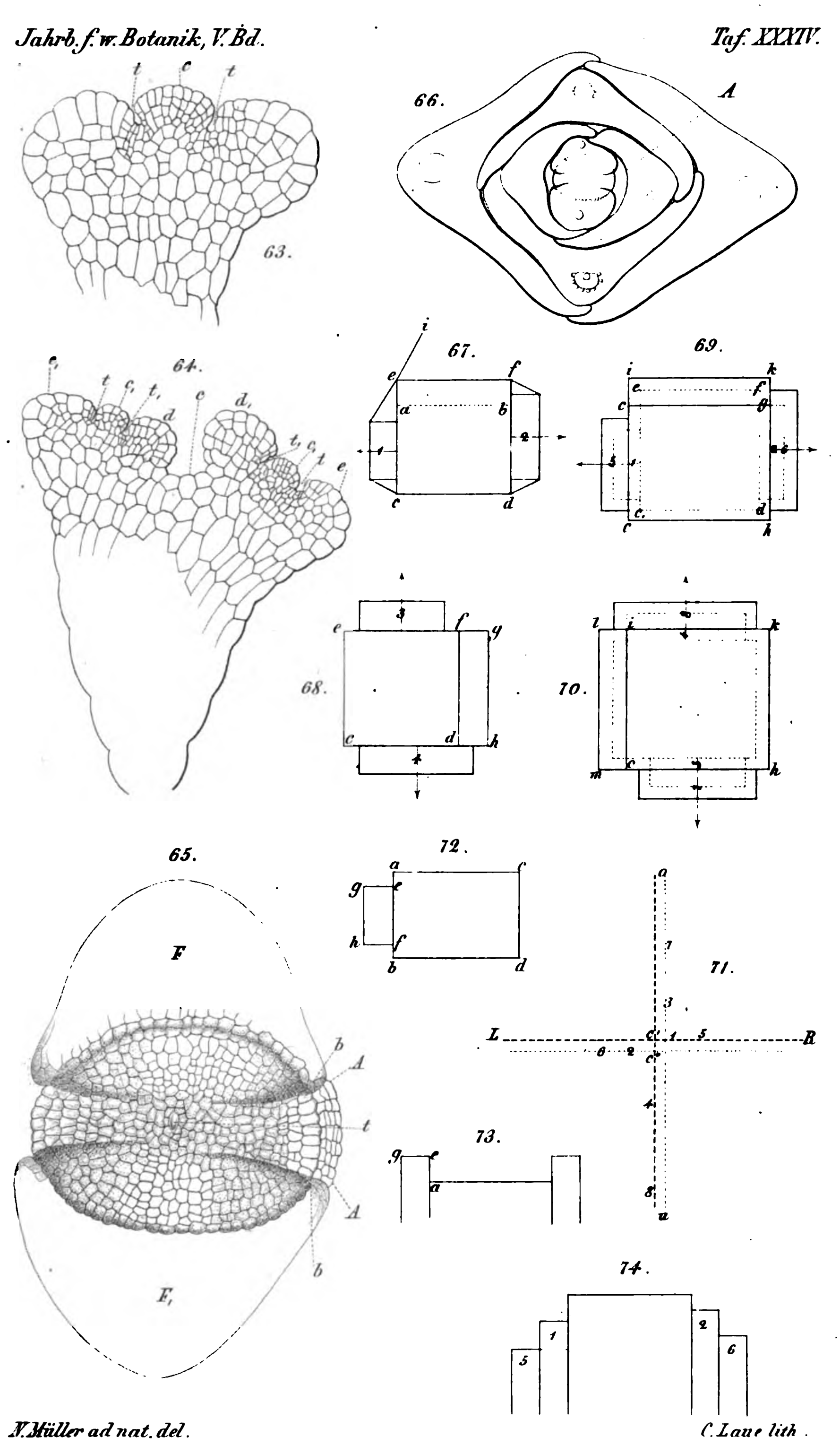
C. Laue lith.



Müller ad nat. del. C. Laue lith.

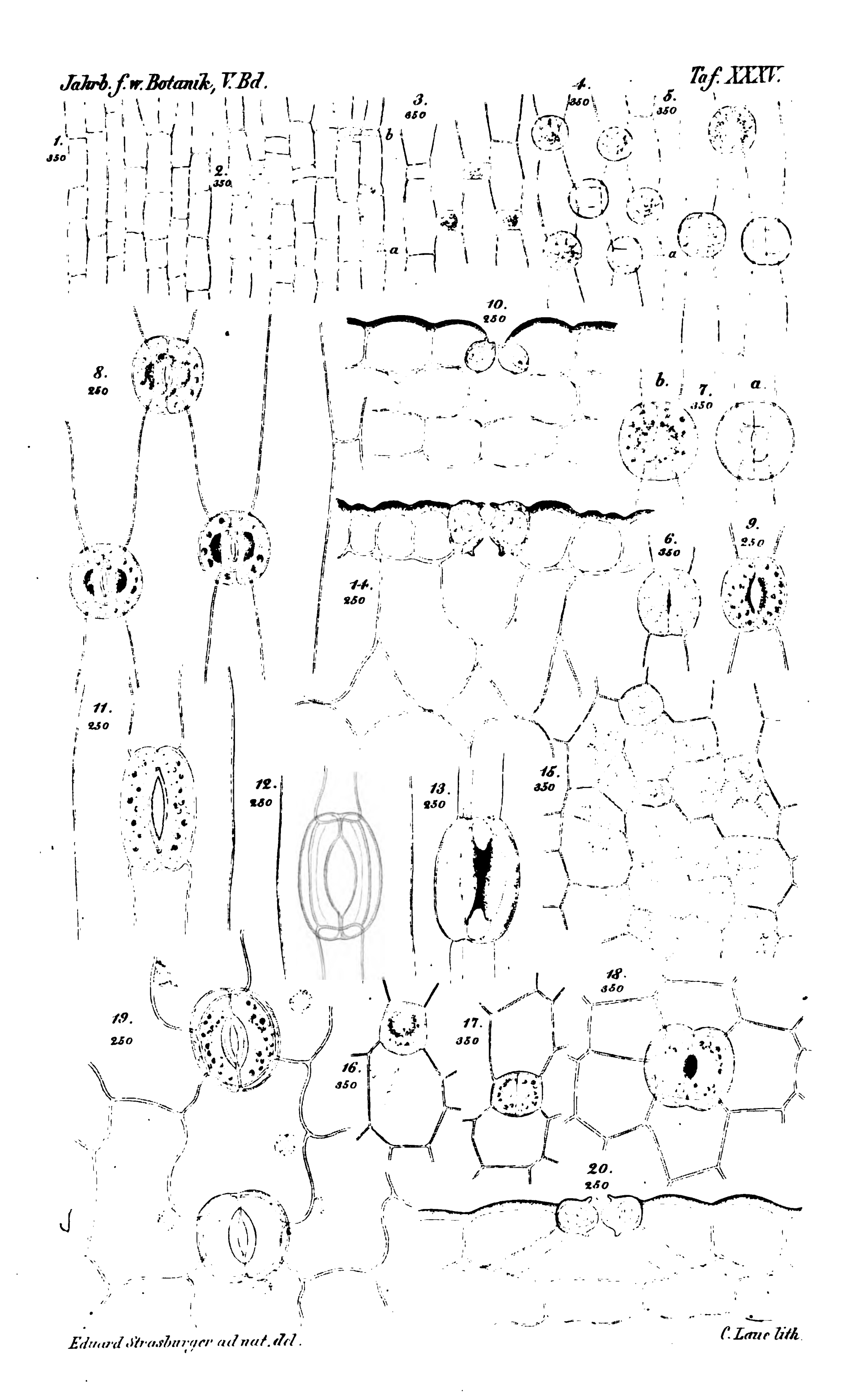


N. Müller ad nat. del. C. Laue lith.



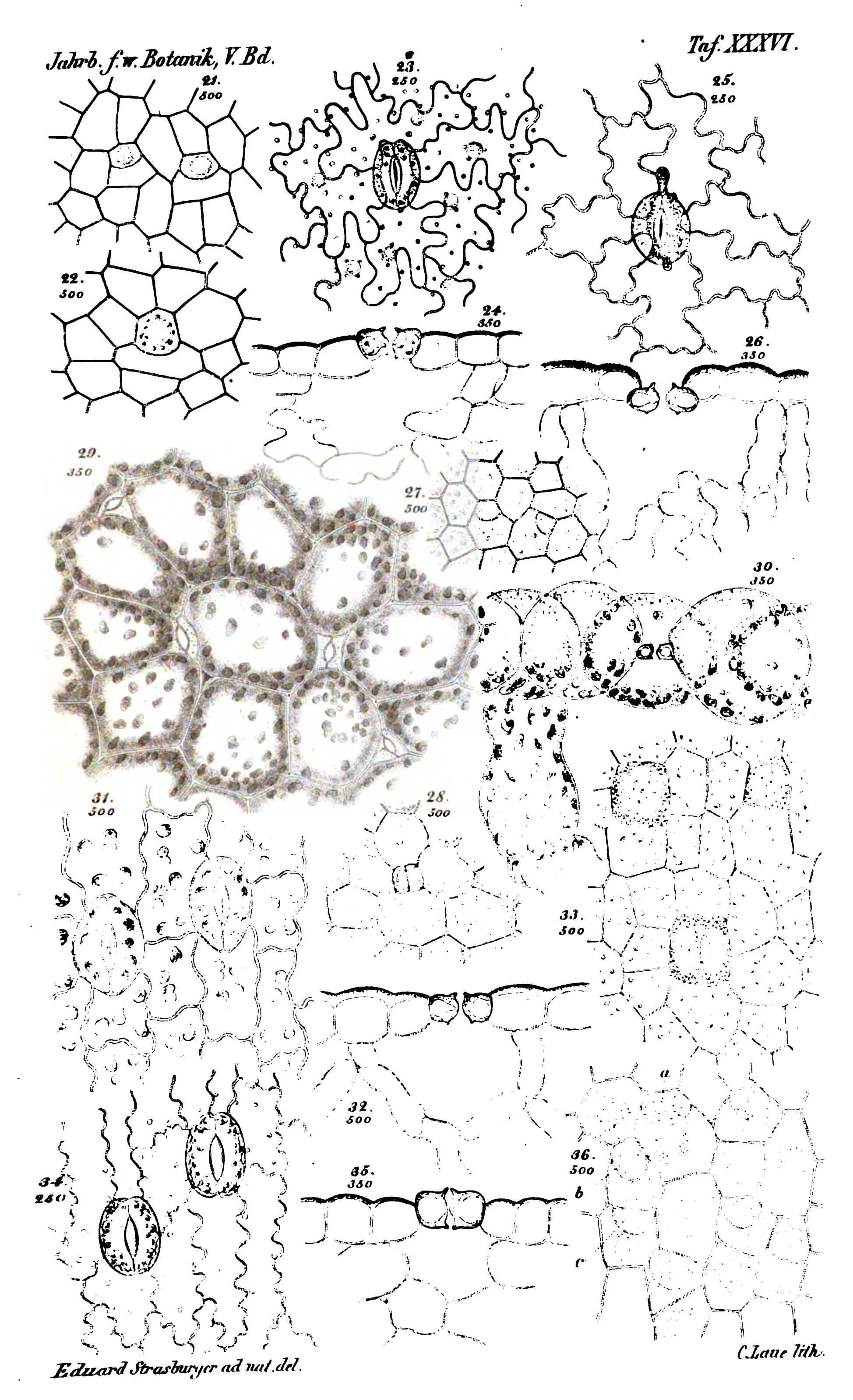
N. Müller ad nat. del.

C. Laue lith.



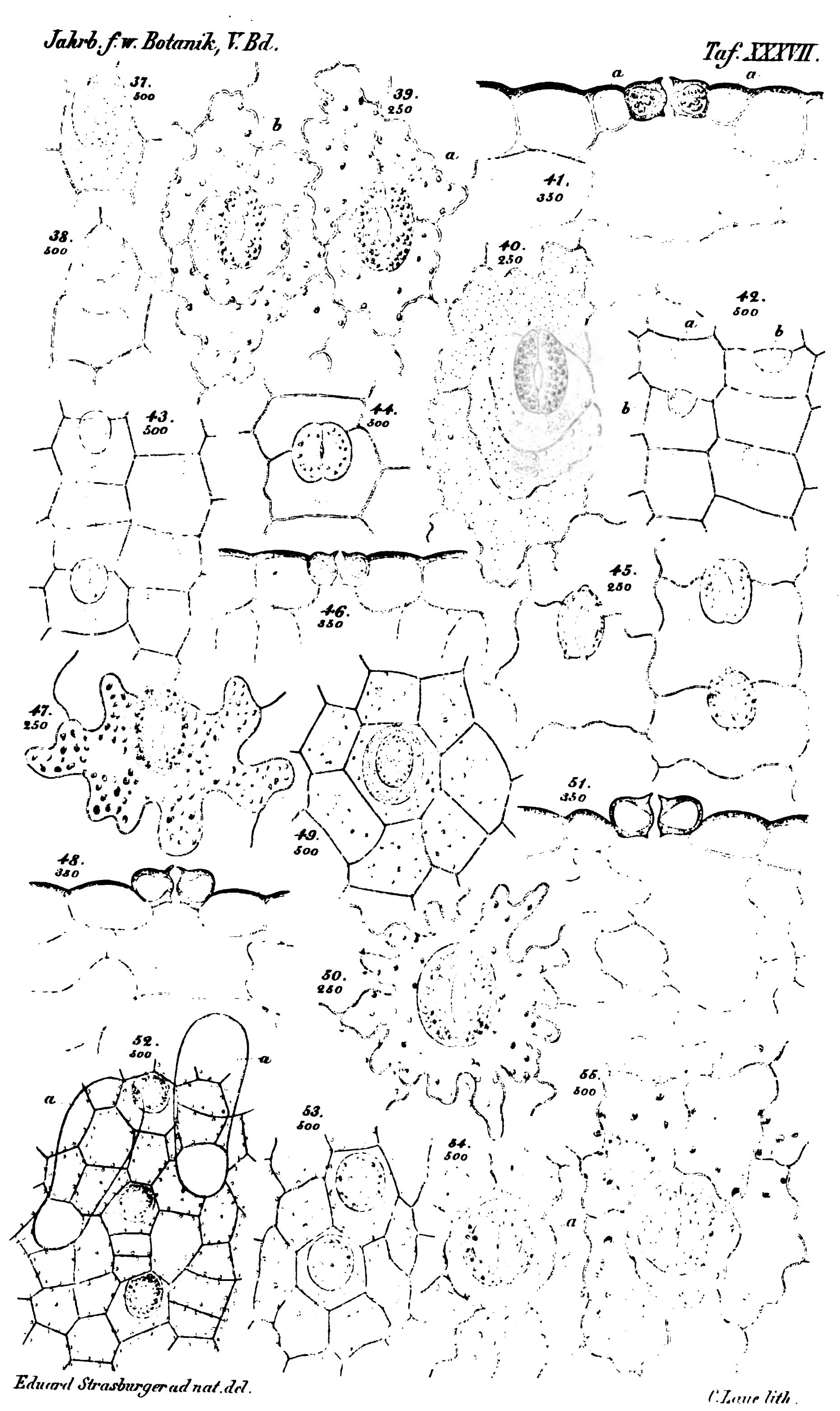
Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.



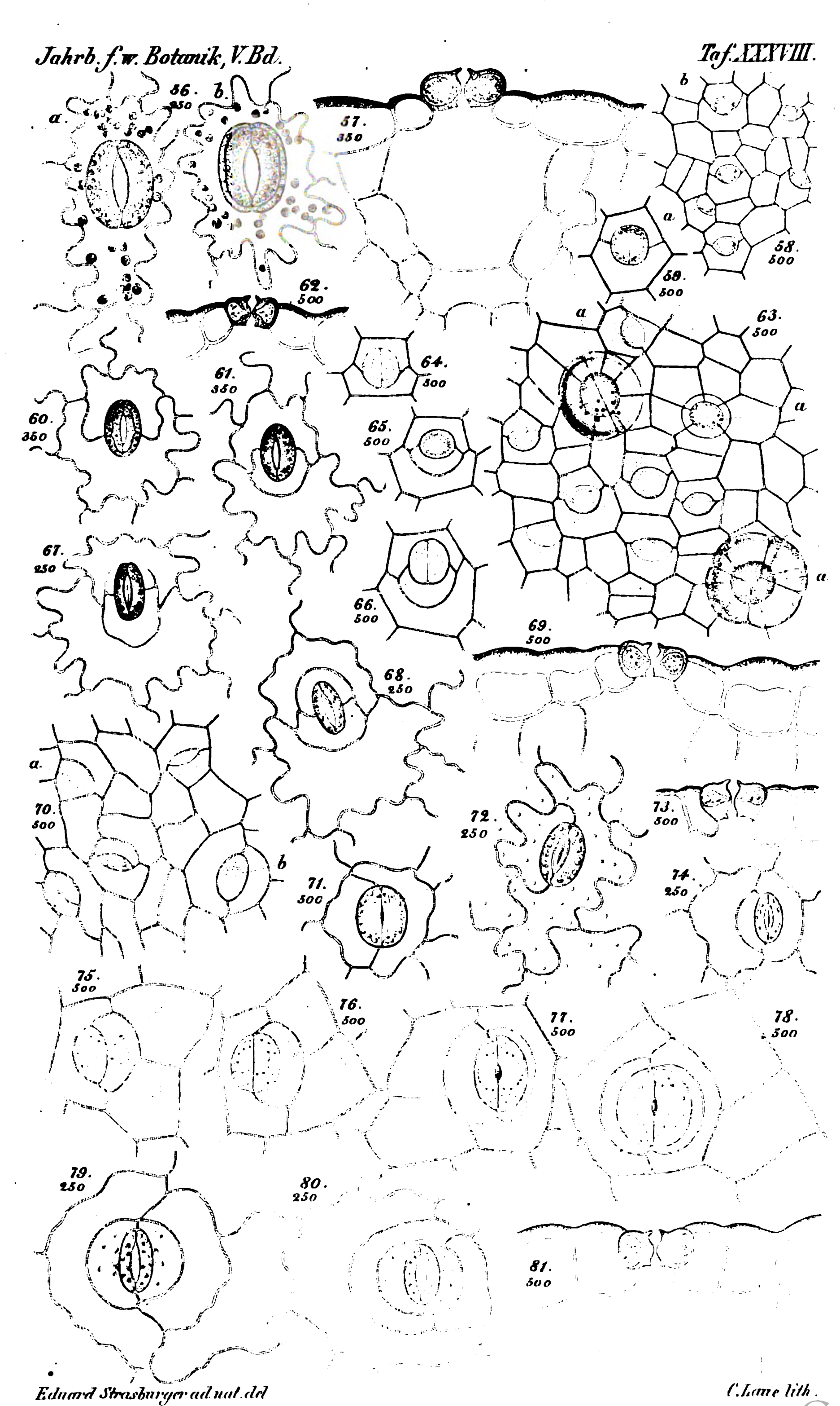
Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.



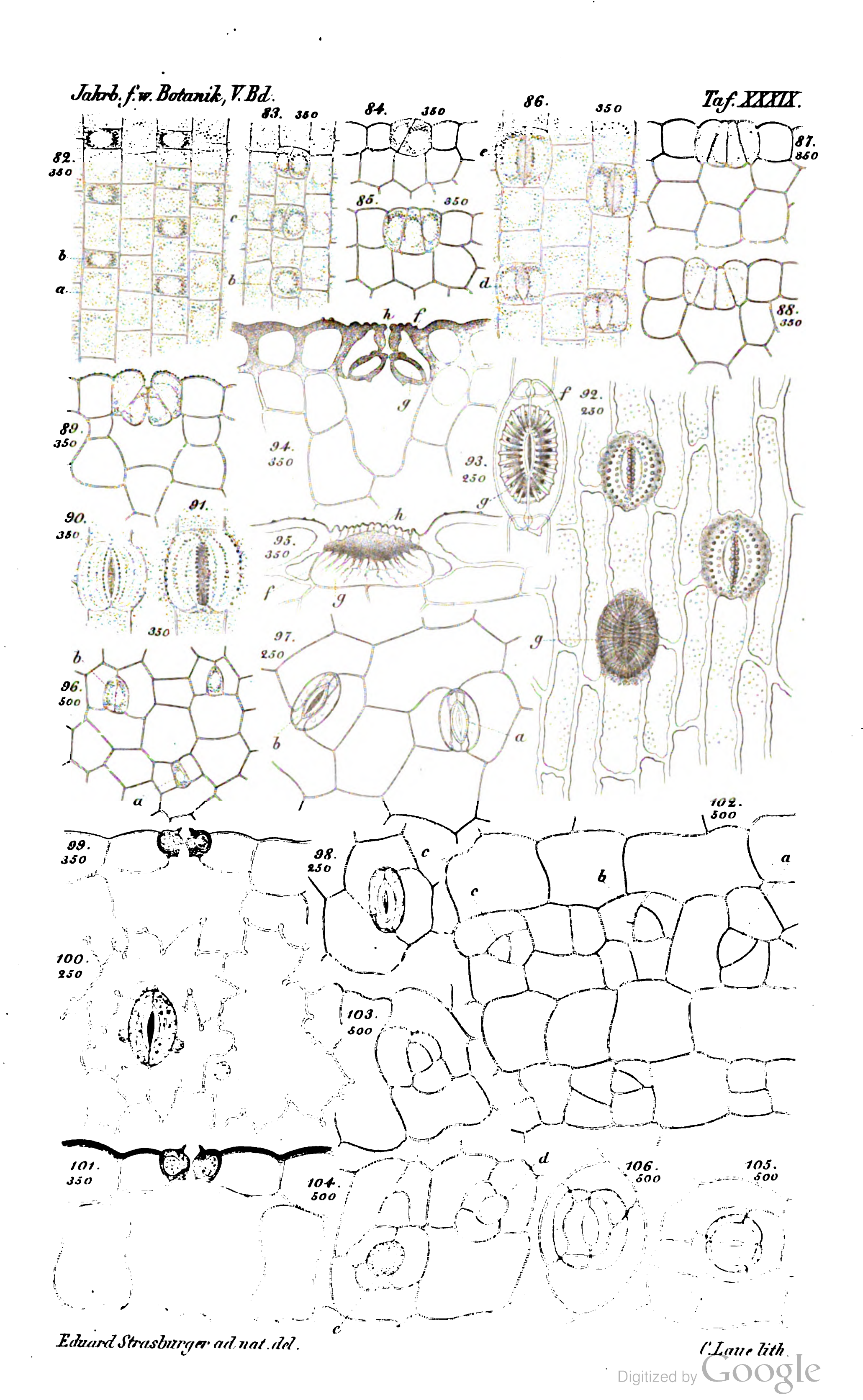
Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.



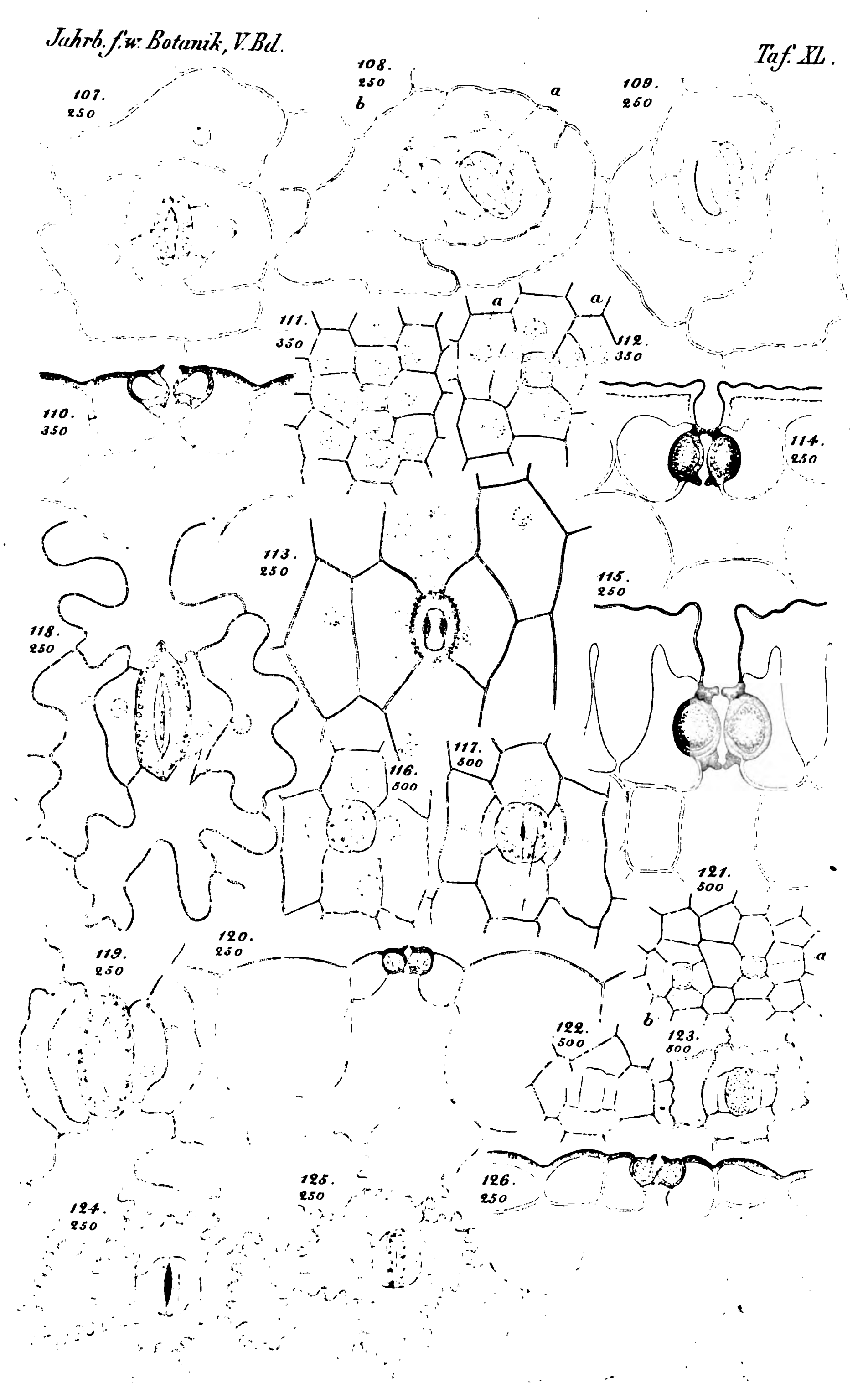
Eduard Strasburger ad. nat. del.

C. Laue lith.



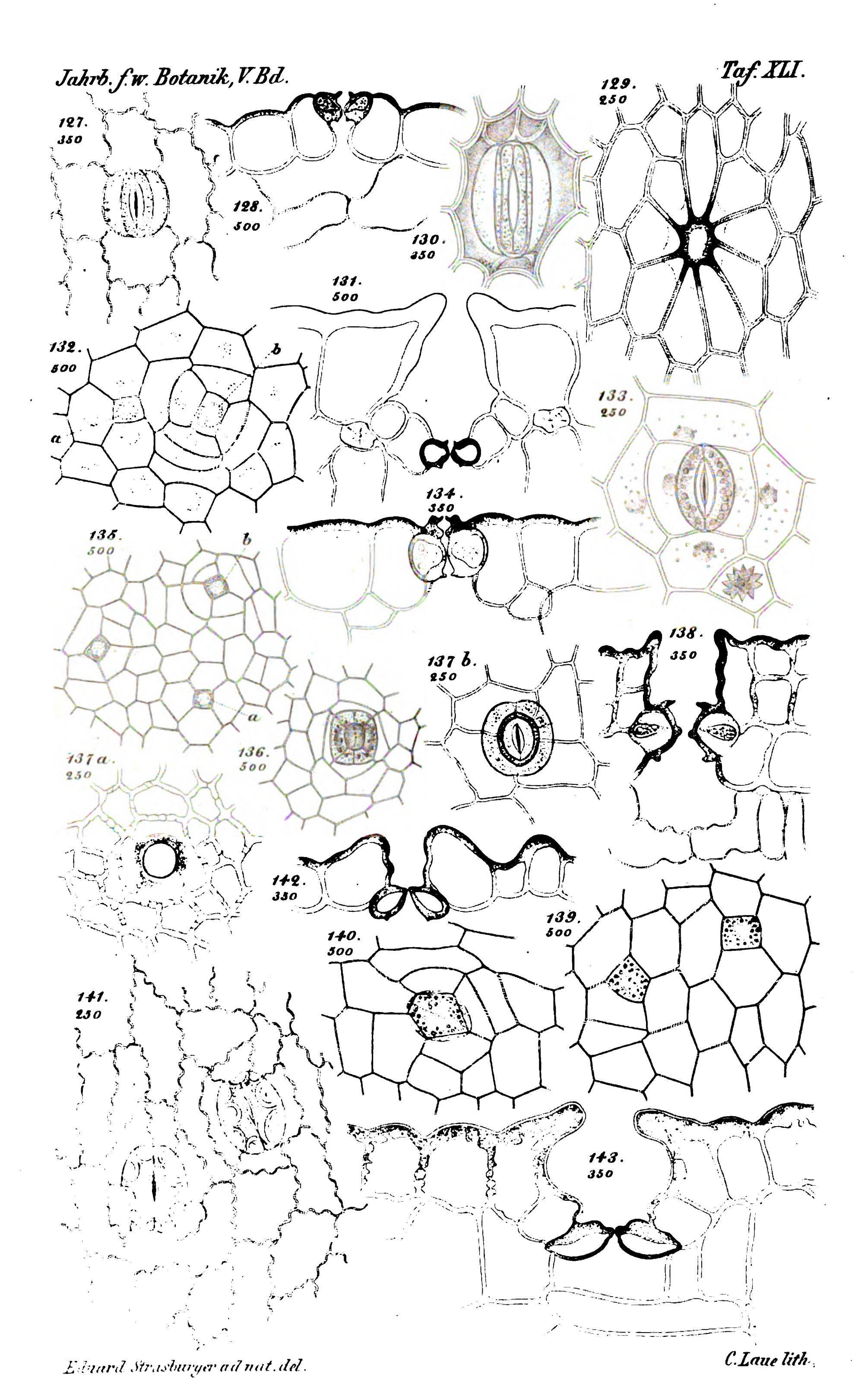
Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.

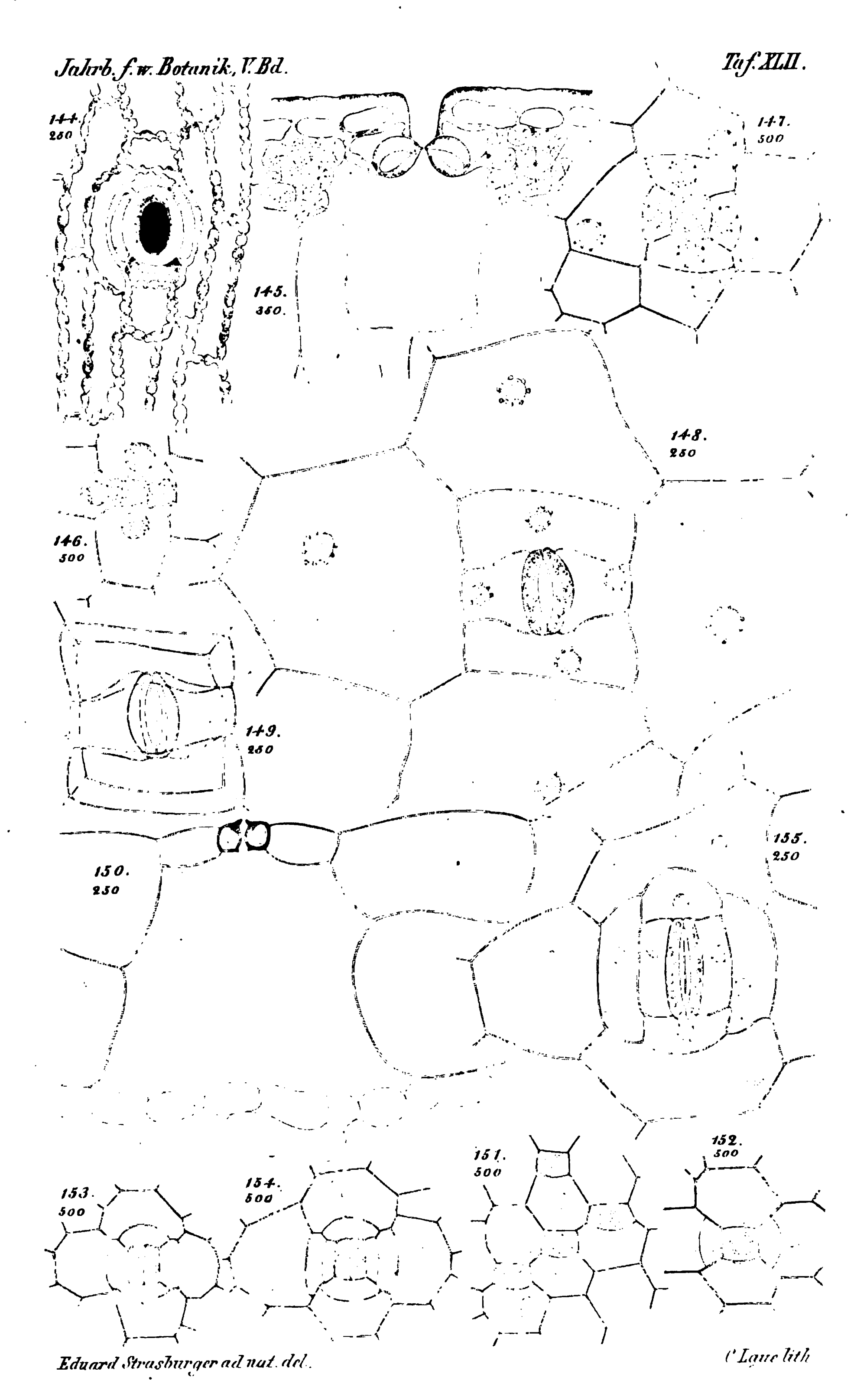


Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.

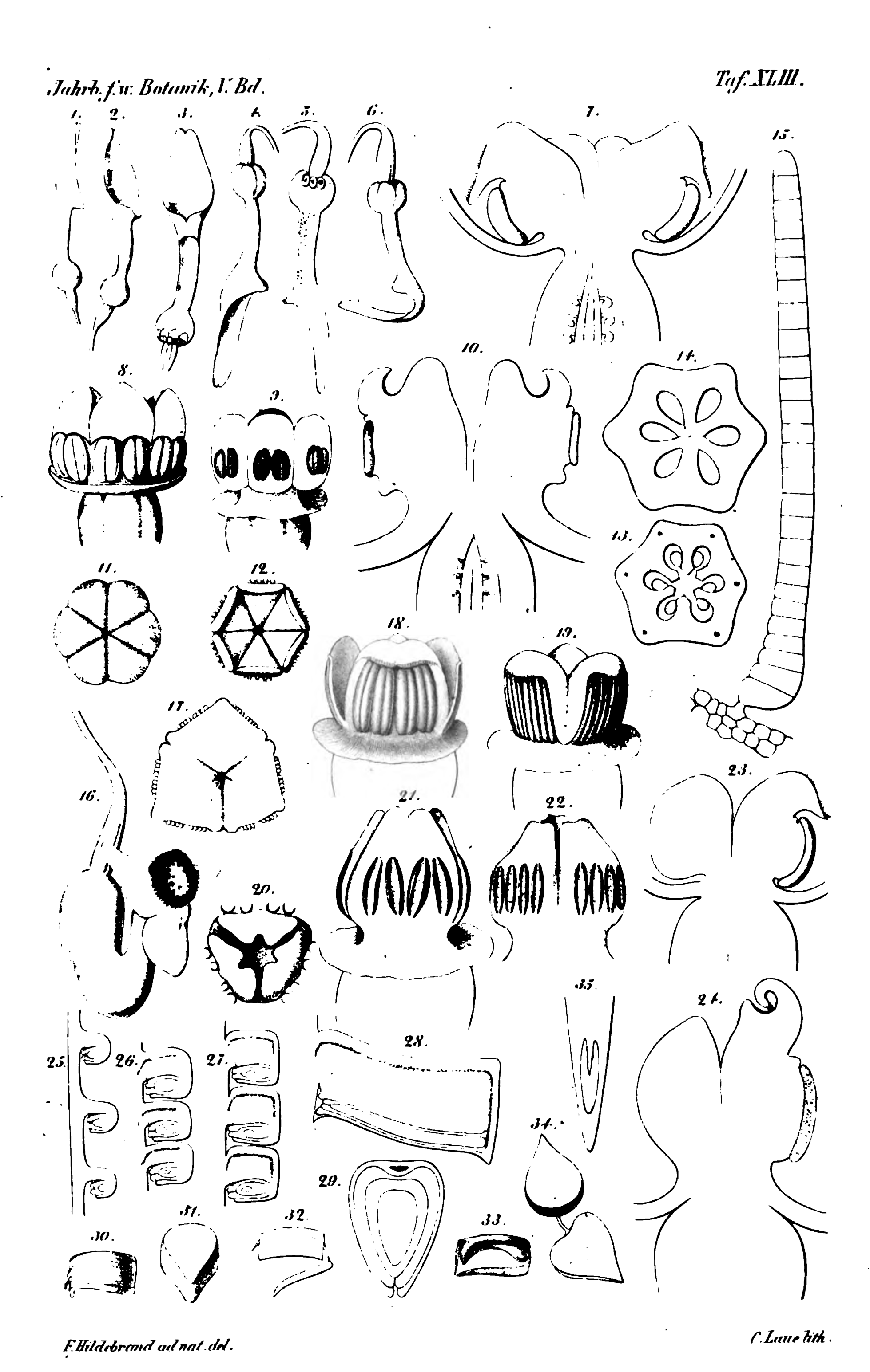


Eduard Strasburger ad nat. del. C. Laue lith.

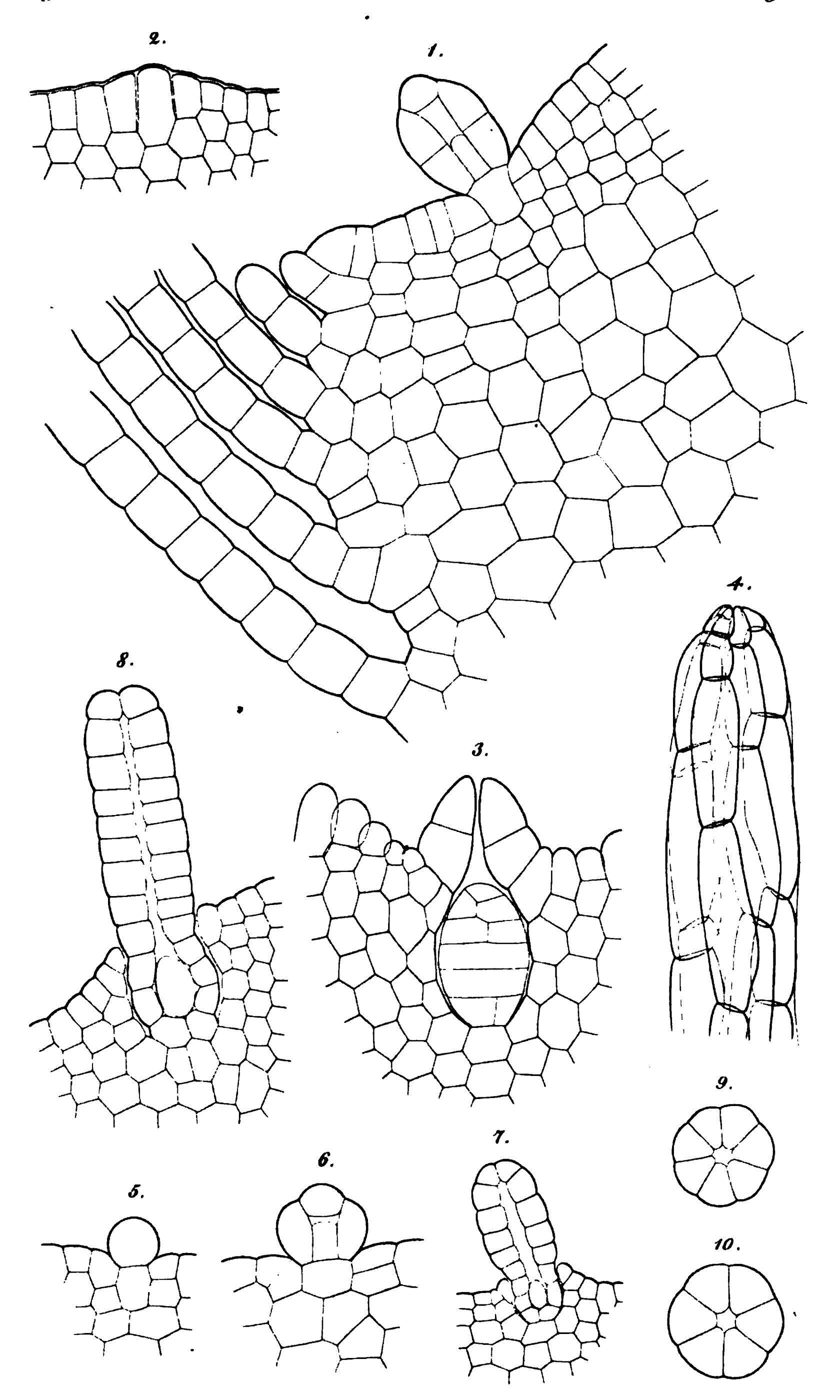


Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.



F. Hildebrand ad nat. del.		C. Laue lith.



Riccia Bischoffii Hübn.

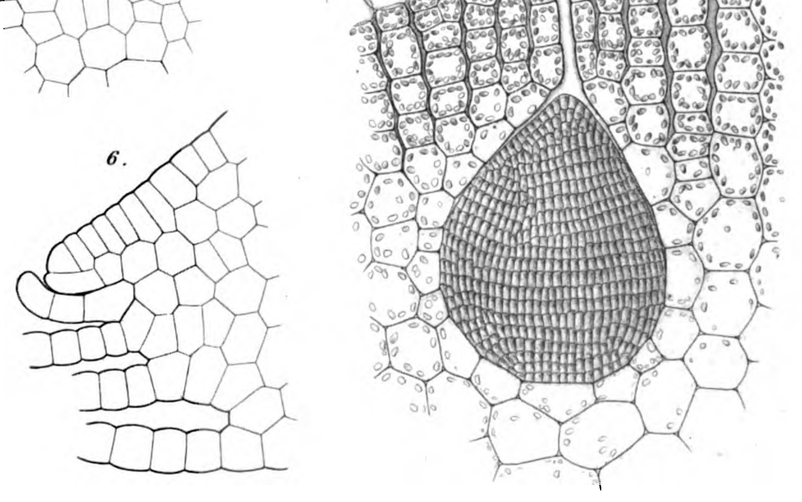
L. Kny ad nat. del. C. Laue lith.

1. 3.

2. 4.

9. 7. 5.

10. 8.



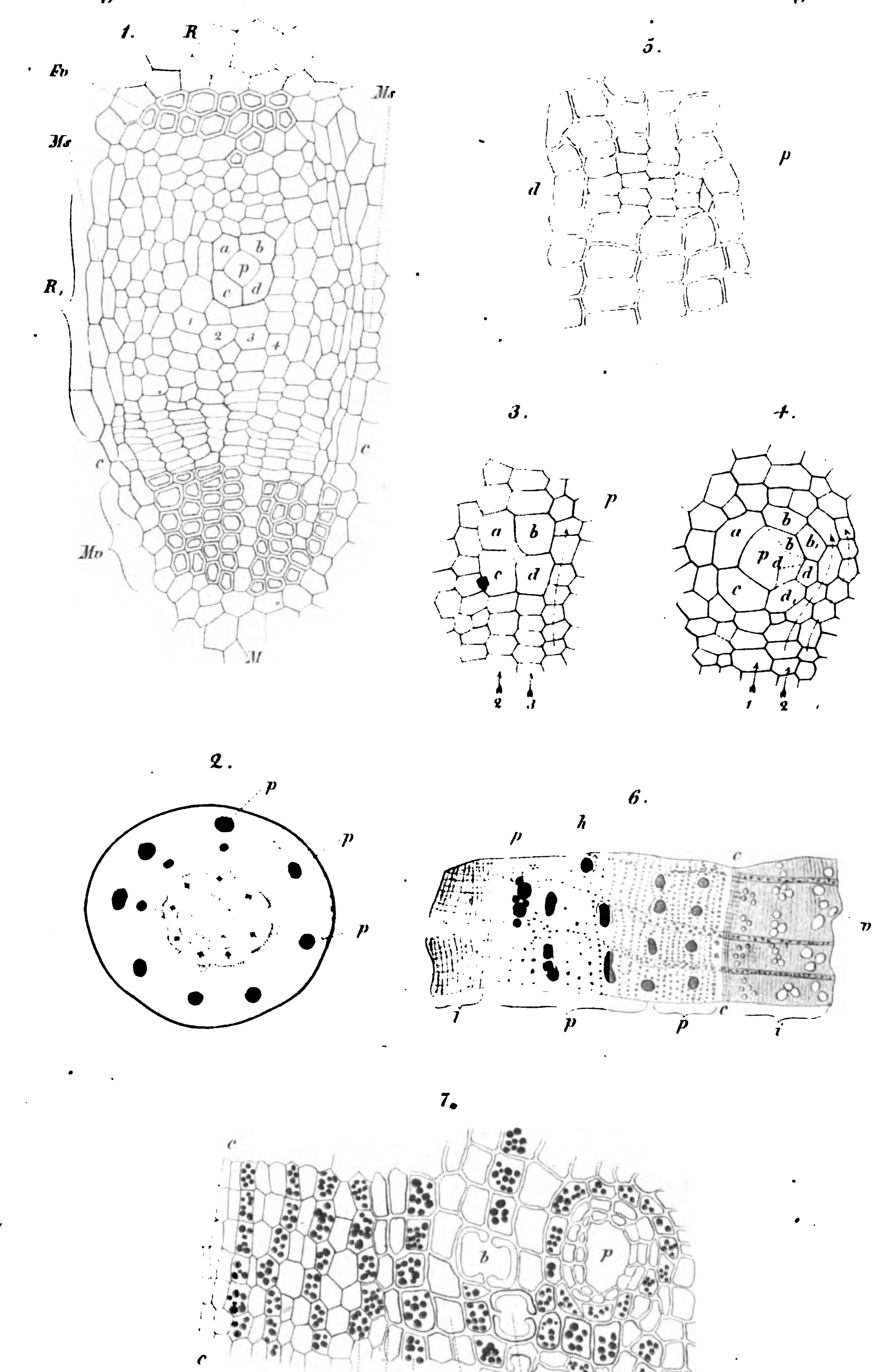
Riccia ciliata Hoffm. 1–5. Riccia minima L. 6–10.

L. Kny ad nat. del. C. Laue lith.

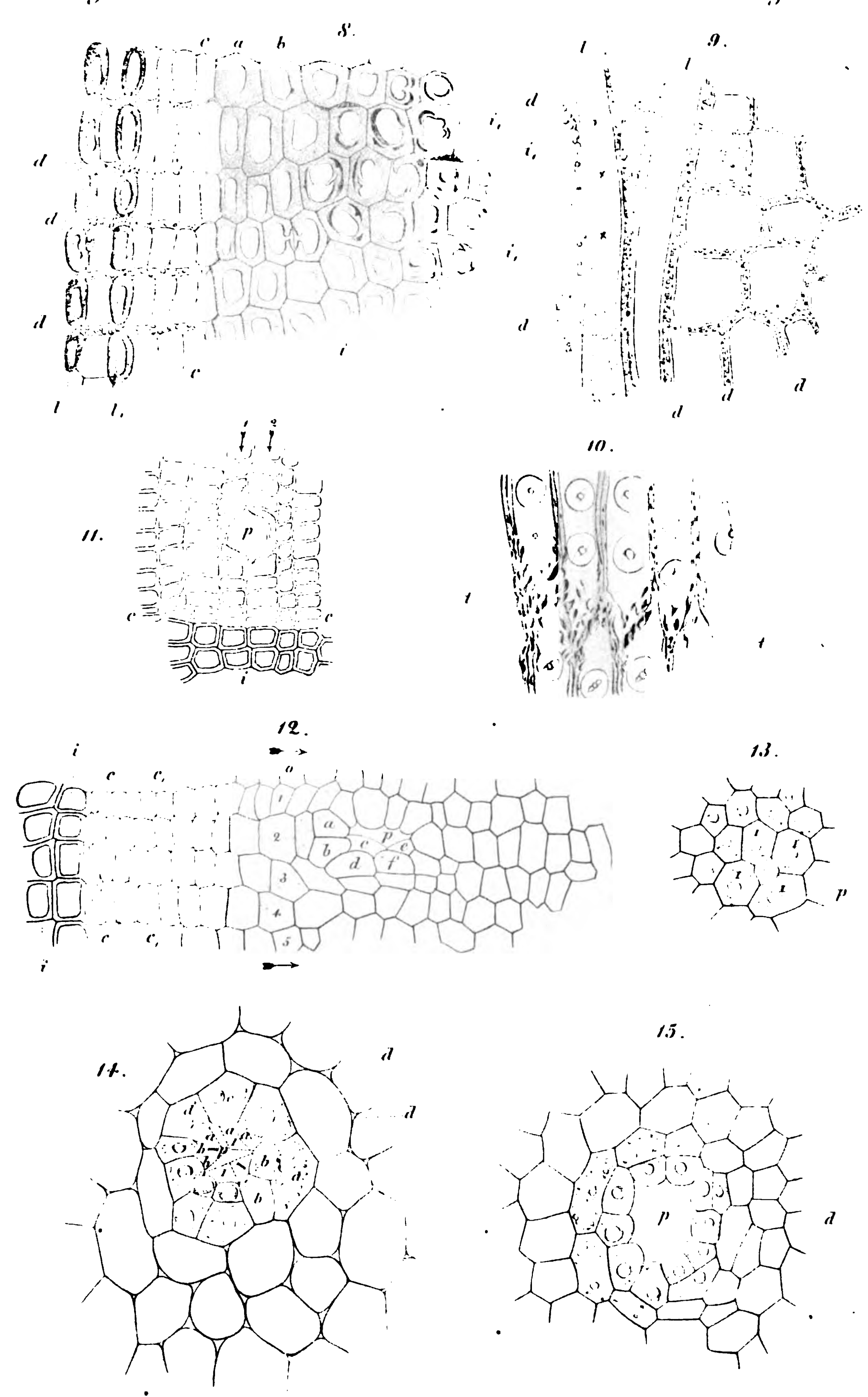
Riccia sorocarpa Bischoff.

L. Kny ad nat. del.

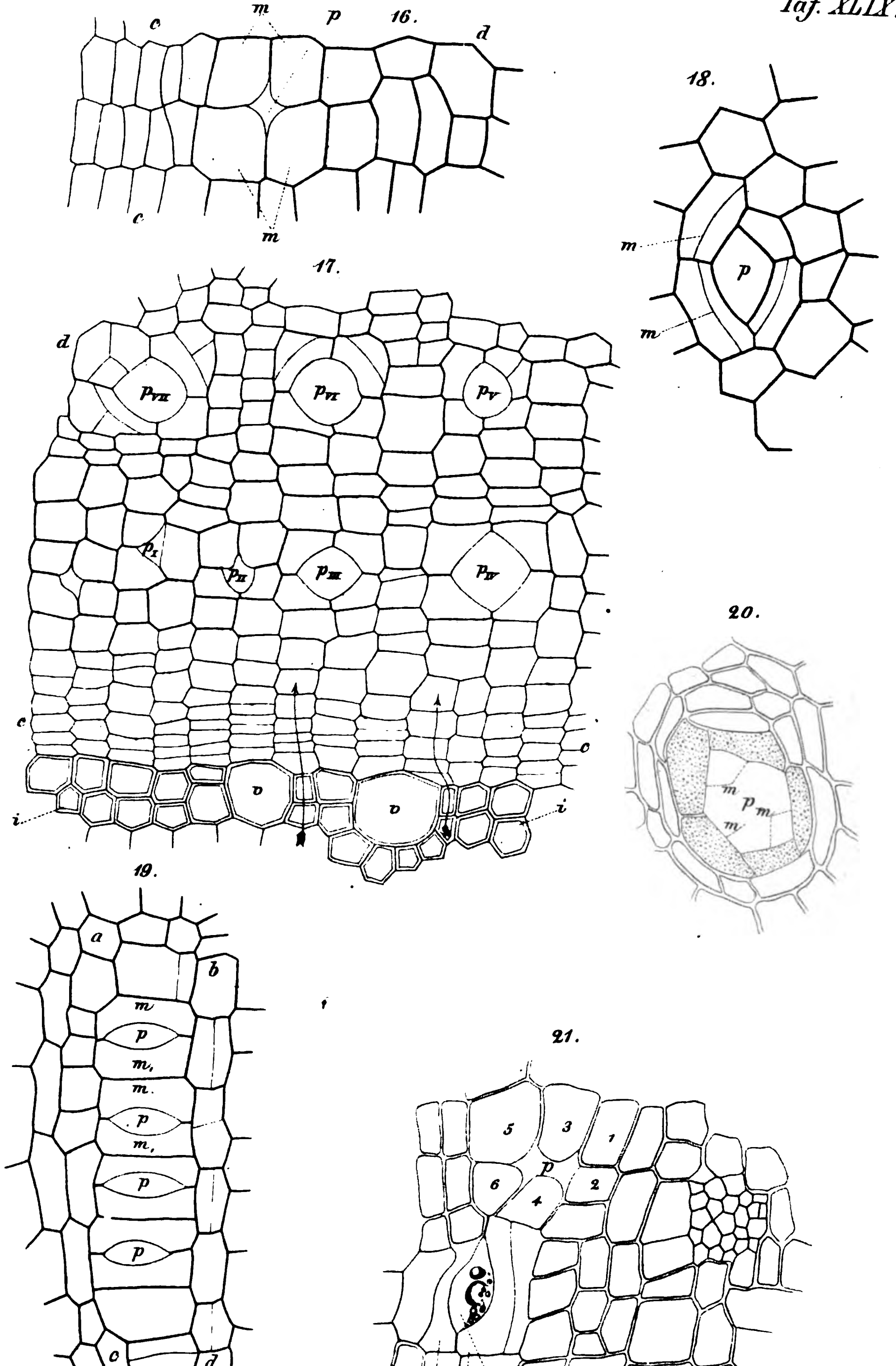
C. Laue lith.



N. Müller ad nat. del. C. Laue lith.

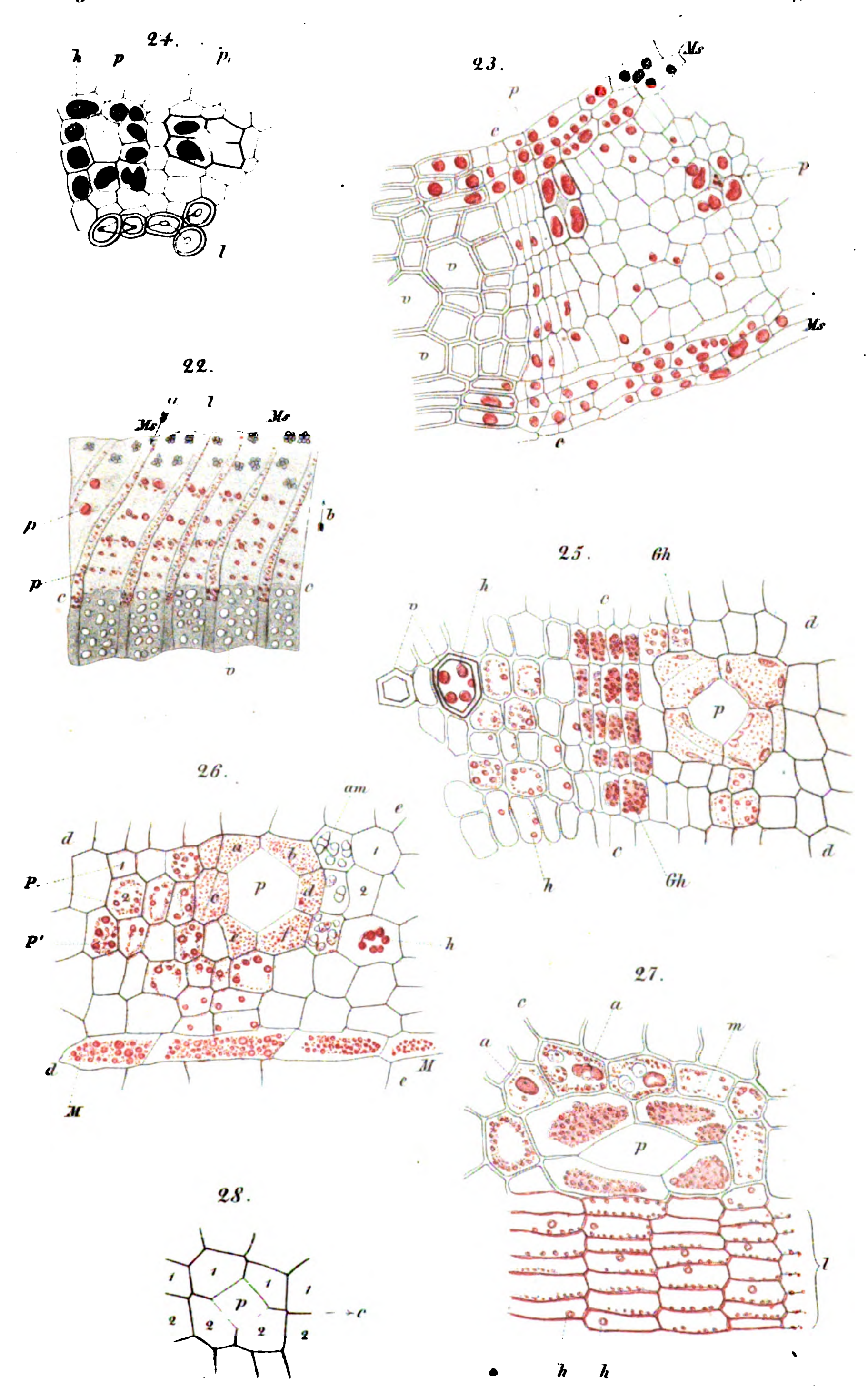


N. Müller ad nat. del. C. Laue lith.



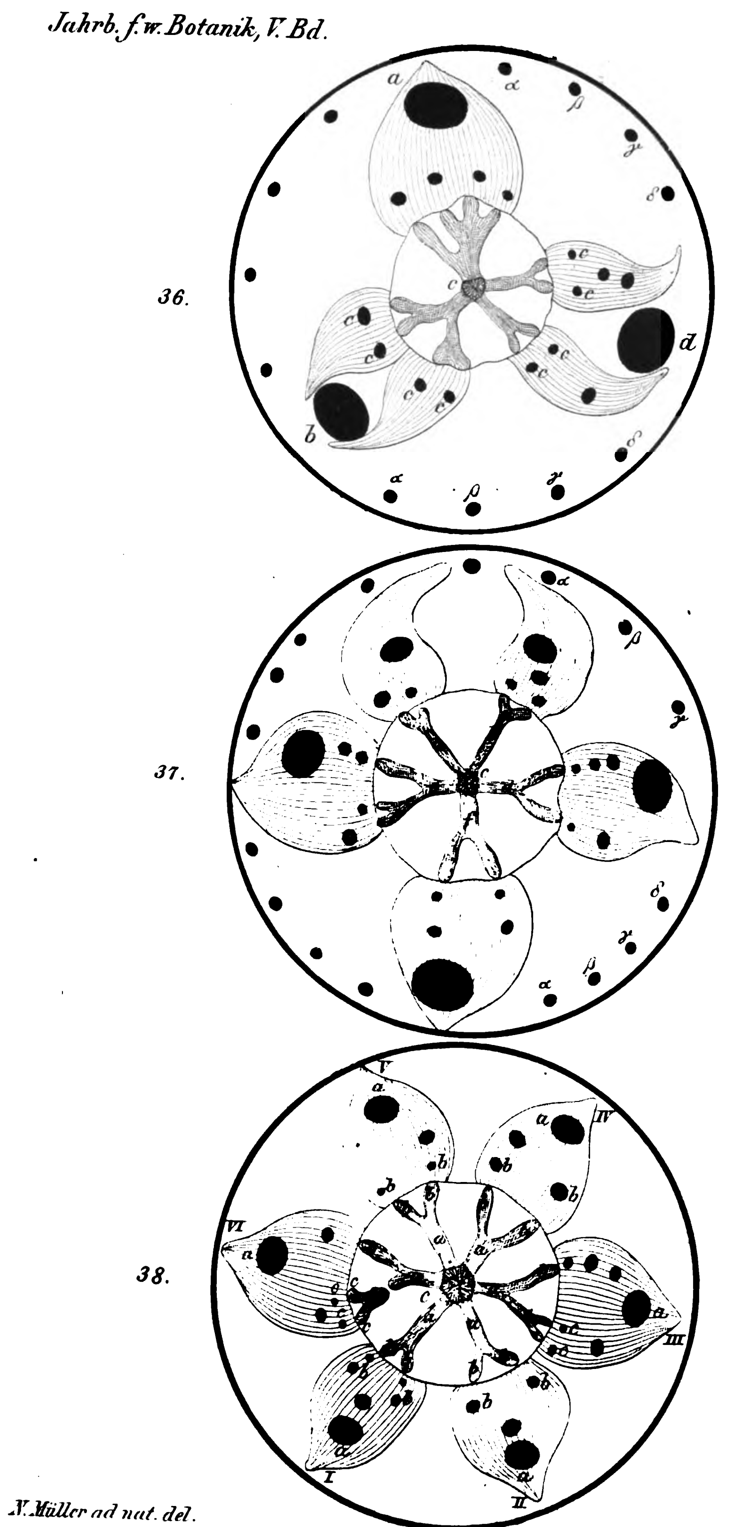
J. Müller ad nat. del.

C. Laue lith.



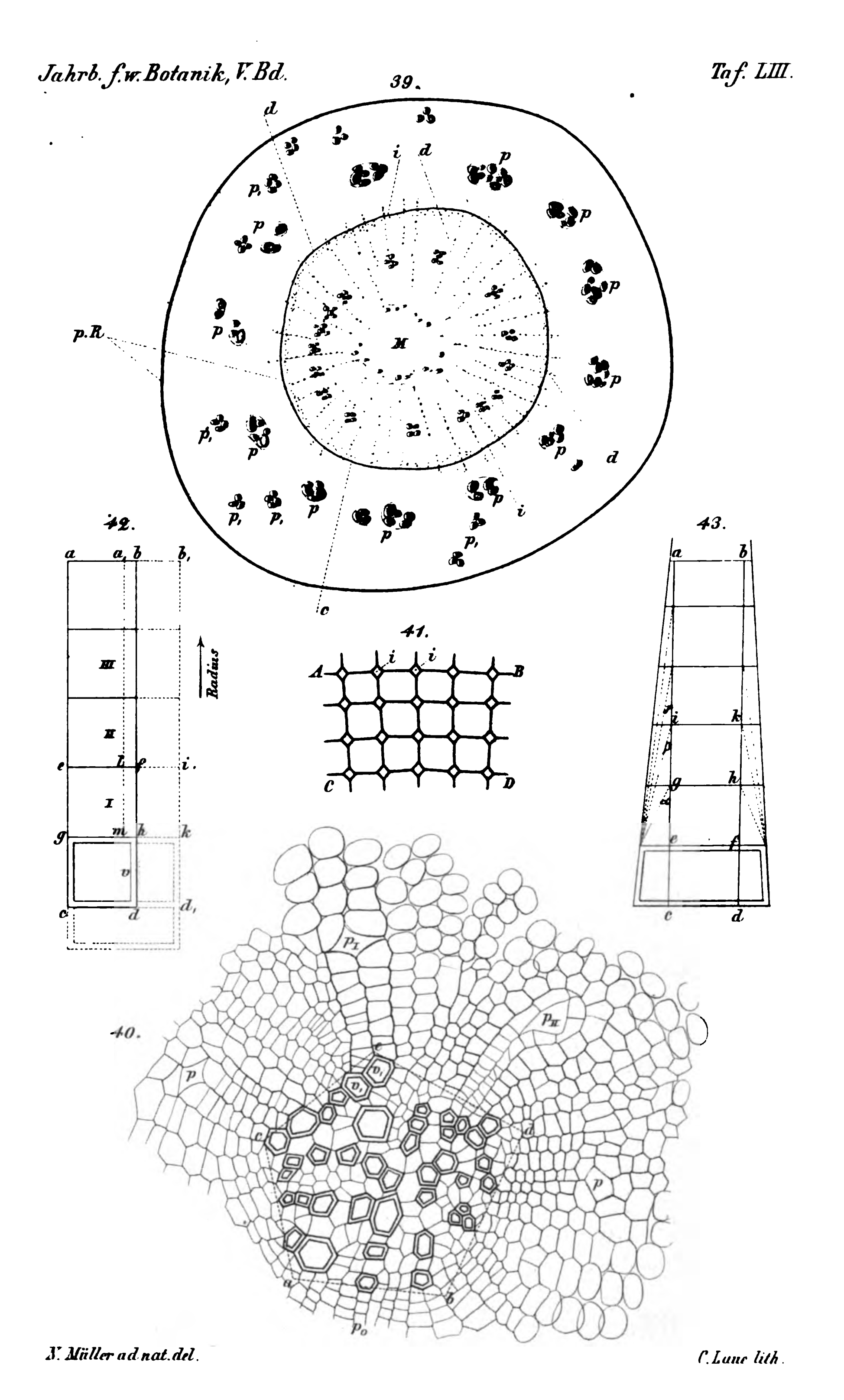
F. Müller ad nat. del. C. Laue lith.

29.
L
a
M
I
p
c
p,
p„
II
I
L
M
a
30.
p
p,
c
II
I
M
c
p
p,
M
35.
A
E,
B
I
II
a
d
b
B,
III
IV
c
C
D
C,
31.
I
II
II
I
m
II
I
c
32.
p
p
p
p,
p,
c
c
33.
φ
34.
a
p



N. Müller ad nat. del.

C. Laue lith.


39.
40.
41.
42.
43.
Radius
M
p.R.
A
B
C
D

